

PROTA

Oléagineux

Ressources végétales de l'Afrique tropicale 14

Ressources végétales de l'Afrique tropicale 14

Oléagineux

PROTA est une fondation internationale à laquelle participent les institutions suivantes :
- Wageningen University (WU), Plant Sciences Group (PSG), Haarweg 333, P.O. Box 341, 6700 AH Wageningen, Pays-Bas
- Agropolis International (AGROPOLIS), Avenue Agropolis, F-34394 Montpellier Cedex 5, France
- Royal Botanic Gardens Kew (RBGKEW), Centre for Economic Botany, Richmond, Surrey TW9 3AB, Royaume-Uni
- Centre National de Semences Forestières (CNSF), 01 B.P. 2682, Ouagadougou 01, Burkina Faso
- Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CENAREST), B.P. 842, Libreville, Gabon
- Forestry Research Institute of Ghana (FORIG), KNUST, University P.O. Box 63, Kumasi, Ghana
- Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza (PBZT), B.P. 4096, Tsimbazaza, Antananarivo 101, Madagascar
- National Herbarium and Botanic Gardens of Malawi (NHBGM), P.O. Box 528, Zomba, Malawi
- Makerere University (MU), Department of Botany, P.O. Box 7062, Kampala, Ouganda
- World Agroforestry Centre (ICRAF), P.O. Box 30677, Nairobi, Kenya
- Prosea Foundation (PROSEA), P.O. Box 332, Bogor 16122, Indonésie

Cette publication a été réalisée grâce au soutien financier de :
- Netherlands Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality
- Netherlands Ministry of Foreign Affairs, Directorate-General for International Cooperation (DGIS)
- Netherlands Organization for Scientific Research (NWO)
- Wageningen University, Pays-Bas

Ressources végétales de l'Afrique tropicale 14

Oléagineux

Editeurs :	H.A.M. van der Vossen G.S. Mkamilo
Editeurs généraux :	R.H.M.J. Lemmens L.P.A. Oyen
Editeurs traduction française :	M. Chauvet J.S. Siemonsma

Fondation PROTA / Backhuys Publishers / CTA
Wageningen, Pays-Bas, 2007

Citation correcte de cette publication :
van der Vossen, H.A.M. & Mkamilo, G.S. (Editeurs), 2007. Ressources végétales de l'Afrique tropicale 14. Oléagineux. [Traduction de : Plant Resources of Tropical Africa 14. Vegetable oils. 2007]. Fondation PROTA, Wageningen, Pays-Bas / Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas / CTA, Wageningen, Pays-Bas. 261 pp.

Citation correcte des articles de cette publication :
[Nom d'auteur, initiales, 2007. Titre de l'article]. In : van der Vossen, H.A.M. & Mkamilo, G.S. (Editeurs). Ressources végétales de l'Afrique tropicale 14. Oléagineux. [Traduction de : Plant Resources of Tropical Africa 14. Vegetable oils. 2007]. Fondation PROTA, Wageningen, Pays-Bas / Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas / CTA, Wageningen, Pays-Bas. pp. ...-....

ISBN 90-5782-195-0 (livre seul)
ISBN 90-5782-196-7 (livre + CD-Rom)

Traduction par AGROOH (www.agrooh.fr), France ; Hélène Corbière, 34070 Montpellier, France ; Guy Ferlin, 83110 Sanary, France.
Imprimé aux Pays-Bas par Ponsen & Looijen bv, Wageningen.
Distribué pour la Fondation PROTA par Backhuys Publishers, B.P. 321, 2300 AH Leiden, Pays-Bas (mondialement), et CTA, B.P. 380, 6700 AJ Wageningen, Pays-Bas (pays ACP).

Table des matières

Collaborateurs

- W. Adugna, Ethiopian Institute of Agricultural Research, Holetta Research Center, P.O. Box 2003, Addis Ababa, Ethiopia (*Linum usitatissimum*)
- A. Ambrose-Oji, Centre for Arid Zone Studies - Natural Resources, University of Wales, Bangor, Gwynedd LL57 2UW, United Kingdom (*Adansonia grandidieri*, *Adansonia rubrostipa*, *Adansonia za*)
- C.D. Ataga, Plant Breeding Division, Nigerian Institute For Oil Palm Research, P.M.B. 1030, Benin City, Nigeria (*Elaeis guineensis*)
- A.R. Atangana, Forest Biology Research Centre, Pavillon Marchand, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4, Canada (*Irvingia gabonensis*, *Ricinodendron heudelotii*)
- C. Avocévou, LEA - Laboratoire d'Ecologie Appliquée, ISBA, Champ de Foire, 03 B.P. 1974, Cotonou, Bénin (*Pentadesma butyracea*)
- T. Baye, Section on Statistical Genetics, University of Alabama at Birmingham, 1665 University Blvd, RPHB 327 Birmingham, AL 35294, United States (*Vernonia galamensis*)
- D. Bedigian, Missouri Botanical Garden and Washington University, St. Louis, MO, United States. Mailing address: 1616 Mercer Court, Yellow Springs, OH 45387, United States (*Sesamum indicum*)
- W. Bulcha, Ethiopian Institute of Agricultural Research, Holetta Research Center, P.O. Box 2003, Addis Ababa, Ethiopia (*Guizotia abyssinica*)
- M. Chauvet, Bureau national de PROTA pour la France, Agropolis International, Avenue Agropolis, F-34394 Montpellier Cedex 5, France (éditeur de la traduction française)
- G.S.E. Chipungahelo, Mikocheni Agricultural Research Station, P.O. Box 6226, Dar-Es-Salaam, Tanzania (*Cocos nucifera*)
- K.E. Dashiell, USDA-ARS Northern Grains Insect Research Laboratory, 2923 Medary Avenue, Brookings SD 57006, United States (*Glycine max*)
- J.A. Fagbayide, Department of Agronomy, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria (*Helianthus annuus*)
- K.E. Giller, Plant Production Systems, Department of Plant Sciences, Wageningen University, P.O. Box 430, 6700 AK Wageningen (*Glycine max*)
- O.M. Grace, PROTA Country Office United Kingdom, Royal Botanic Gardens, Kew, Centre for Economic Botany, Richmond, Surrey TW9 3AB, United Kingdom (*Balanites maughamii*)
- F.P. Graz, Polytechnic of Namibia, Private Bag 13388, Windhoek, Namibia (*Schinziophyton rautanenii*)
- R.K. Henning, Rothkreuz 11, D-88138 Weissensberg, Germany (*Jatropha curcas*)
- P.C.M. Jansen, PROTA Network Office Europe, Wageningen University, P.O. Box 341, 6700 AH Wageningen, Netherlands (*Triadica sebifera*)
- R.H.M.J. Lemmens, PROTA Network Office Europe, Wageningen University, P.O. Box 341, 6700 AH Wageningen, Netherlands (*Panda oleosa*, *Pentaclethra eetveldeana*, *Symphonia louvelii*, éditeur général)

- D. Louppe, CIRAD, Département Environnements et Sociétés, TA 10/C Campus International de Baillarguet, 34398 Montpellier Cédex 5, France (*Ongokea gore*)
- P.-M. Mapongmetsem, Department of Biological Sciences, Faculty of Sciences, University of Ngaoundere, P.O. Box 454, Ngaoundere, Cameroon (*Lophira lanceolata, Pycnanthus angolensis*)
- A. Maroyi, Department of Biological Sciences, Bindura University of Science Education, P.O. Bag 1020, Bindura, Zimbabwe (*Trichilia dregeana, Ricinus communis*)
- G.N. Mashungwa, Botswana College of Agriculture, Private Bag 0027, Gaborone, Botswana (*Olea europaea, Trichilia emetica*)
- G.S. Mkamilo, Naliendele Agricultural Research Institute, P.O. Box 509, Mtwara, Tanzania (*Sesamum indicum*, éditeur)
- R.M. Mmolotsi, Botswana College of Agriculture, Private Bag 0027, Gaborone, Botswana (*Olea europaea, Trichilia emetica*)
- N.A. Mnzava, Oleris Consultancy, P.O. Box 1371, Arusha, Tanzania (*Brassica carinata, Brassica juncea*)
- D.M. Modise, Department of Crop Science & Production, Botswana College of Agriculture, Private Bag 0027, Gaborone, Botswana (*Simmondsia chinensis*)
- N. Mughogho, Centre for Arid Zone Studies - Natural Resources, University of Wales, Bangor, Gwynedd LL57 2UW, United Kingdom (*Adansonia grandidieri, Adansonia rubrostipa, Adansonia za*)
- M. Munjuga, World Agroforestry Centre (ICRAF), United Nations Avenue, Gigiri, P.O. Box 30677-00100 GPO, Nairobi, Kenya (*Allanblackia floribunda, Allanblackia stuhlmannii*)
- E. Munyanziza, Institut des Sciences Agronomiques du Rwanda, P.O. Box 138, Butare, Rwanda (*Moringa drouhardii, Moringa peregrina*)
- L. Mwaura, P.O. Box 21069-00100 GPO, Nairobi, Kenya (*Allanblackia stuhlmannii*)
- A. Nikiema, Centre National de Semences Forestières, 01 B.P. 2682, Ouagadougou, Burkina Faso (*Vitellaria paradoxa*)
- B.R. Ntare, ICRISAT, B.P. 320, Bamako, Mali (*Arachis hypogaea*)
- Achmad Satiri Nurhaman, Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology (SEAMEO BIOTROP), P.O. Box 17, Bogor, Indonesia (illustrations)
- G. Oboh, Biochemistry Department, Federal University of Technology, P.M.B. 704, Akure, Ondo State, Nigeria (*Pentaclethra macrophylla*)
- B.E. Okoli, Regional Centre for Bioresources & Biotechnology, University of Port Harcourt, Port Harcourt, Nigeria (*Telfairia pedata*)
- C. Orwa, World Agroforestry Centre (ICRAF), United Nations Avenue, Gigiri, P.O. Box 30677-00100 GPO, Nairobi, Kenya (*Allanblackia floribunda, Allanblackia parviflora*)
- L.P.A. Oyen, PROTA Network Office Europe, Wageningen University, P.O. Box 341, 6700 AH Wageningen, Netherlands (*Afrolicania elaeosperma, Aleurites moluccana, Allanblackia parviflora, Carthamus tinctorius, Cephalocroton cordofanus, Crambe hispanica, Irvingia grandifolia, Irvingia wombolu, Vernicia montana, Vernonia galamensis*, éditeur général)
- M.J.S. Sands, Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Surrey TW9 3AB, United Kingdom (*Balanites maughamii*)

- R.R. Schippers, De Boeier 7, 3742 GD Baarn, Netherlands (*Brassica carinata*, *Brassica juncea*)
- J.S. Siemonsma, PROTA Network Office Europe, Wageningen University, P.O. Box 341, 6700 AH Wageningen, Netherlands (éditeur de la traduction française)
- B. Sinsin, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 B.P. 526, Cotonou, Bénin (*Pentadesma butyracea*)
- M.M. Spitteler, Het Hoge Stuk 19, 8431 KL Oosterwolde, Netherlands (illustrations)
- Iskak Syamsudin, Herbarium Bogoriense, Research Centre for Biology – LIPI, Jalan Ir. H. Juanda 22, Bogor 16122, Indonesia (illustrations)
- Z. Tchoundjeu, World Agroforestry Centre (ICRAF), African Humid Tropics Region, P.O. Box 2067 or 16317, Yaoundé, Cameroon (*Irvingia gabonensis*, *Ricinodendron heudelotii*)
- B.E. Umali, Agricultural Resources Management Research Division, PCARRD, Los Baños, P.O. Box 425, College, Laguna 4030, Philippines (*Carthamus tinctorius*, *Vitellaria paradoxa*)
- H.A.M. van der Vossen, Steenuil 18, 1606 CA Venhuizen, Netherlands (*Cocos nucifera*, *Elaeis guineensis*, *Helianthus annuus*, *Olea europaea*, éditeur)
- W. Wessel-Brand, Paulus Potterhof 23, 4033 AN Lienden, Netherlands (illustrations)
- K.A. Yongabi, FMEnv/ZERI Research Centre, Abubakar Tafawa Balewa University, P.M.B. 248, Bauchi, Bauchi State, Nigeria (*Moringa peregrina*)

Remerciements

- La fondation PROSEA, Jalan H. Juanda 22, P.O. Box 332, Bogor 16122, Indonesia (utilisation de parties de texte et d'illustrations pour les espèces communes à l'Asie du Sud-Est et à l'Afrique tropicale)
- H. Corbière, 26 Avenue de Lodève, 34070 Montpellier, France (traduction française)
- G. Ferlin, Les cigales, Chemin de Bellevue, 83110 Sanary-sur-Mer, France (traduction française)
- P. IJdenberg, Agrooh, 34 Allée du Champ Tortu, 91190 Gif-sur-Yvette, France (traduction française)
- S. van Otterloo-Butler, Bowlespark 21, 6701 DR Wageningen, Netherlands (correction de la langue anglaise)
- N. Wulijarni-Soetjipto, Jalan Pahlawan 113, Bogor 16131, Indonesia (coordination des illustrateurs)

Conseil d'administration et Personnel de PROTA

Conseil d'administration

M.J. Kropff (WU, Pays-Bas), président
Z.L.K. Magombo (NHBGM, Malawi, vice-président)
H. Andriamialison (PBZT, Madagascar)
H.G.B. Carsalade (AGROPOLIS, France)
J.R. Cobbinah (FORIG, Ghana)
D. Garrity (ICRAF, Kenya)
M. Honadia (CNSF, Burkina Faso)
S.D. Hopper (RBGKEW, Royaume-Uni)
L.S. Luboobi (MU, Ouganda)
S. Mbadinga (CENAREST, Gabon)
E. Sukara (PROSEA, Indonésie)

Personnel

Bureau régional pour l'Afrique centrale, Gabon

S. Mbadinga, Chef de programme
J.A. Bourobou Bourobou, Responsable régional
D.N. Omokolo, Contact Cameroun
M.K.D. Ben-Bala, Contact Centrafrique

Bureau régional pour l'Afrique de l'Est, Ouganda

J.S. Kaboggoza, Chef de programme
R. Bukenya-Ziraba, Responsable régional
M. Atim, Responsable régional adjoint
A. Tsegaye, Contact Ethiopie
J. Elia, Contact Tanzanie

Bureau régional pour les îles de l'océan Indien, Madagascar

S. Rapanarivo, Chef de programme
M.E. Rahelivololona, Responsable régional
A. Gurib-Fakim, Contact Maurice
S. Brillant, Contact Réunion

Bureau régional pour l'Afrique australe, Malawi

Z.L.K. Magombo, Chef de programme
E. Mlangeni, Responsable régional
G. Nyirenda, Responsable régional adjoint
V.K. Kawanga, Contact Zambie
O. Oagile, Contact Botswana
S. Kativu, Contact Zimbabwe

Bureau régional pour l'Afrique de l'Ouest (anglophone), Ghana

J.R. Cobbinah, Chef de programme
S. Britwum-Acquah, Responsable régional
E.E. Ewudzie, Responsable régional adjoint
O.A. Denton, Contact Nigeria
B. Karim, Contact Sierra Leone

Bureau régional pour l'Afrique de l'Ouest (francophone), Burkina Faso

M. Honadia, Chef de programme
A. Traoré, Responsable régional
V. Millogo, Responsable régional adjoint
C. Kouamé, Contact Côte d'Ivoire
F. Assogba-Komlan, Contact Bénin

Bureau national pour la France

M. Chauvet, Chef de programme
W. Rodrigues, Responsable national †

Bureau national pour le Royaume-Uni

S.D. Davis, Chef de programme
O. Grace, Responsable national

Bureau coordinateur du réseau africain, Kenya

E.A. Omino, Directeur
D.J. Borus, Responsable valorisation
J. Chege, Gestionnaire base de données
B.O. Obongoya, Responsable programmation
M.W. Kamanda, Secrétaire
D. Laur, Assistant de bureau

Bureau coordinateur du réseau européen, Pays-Bas

J.S. Siemonsma, Directeur
A.D. Bosch-Jonkers, Secrétaire/Assistant de gestion
R.H.M.J. Lemmens, Editeur général
L.P.A. Oyen, Editeur général
E.J. Bertrums, Gestionnaire banque de données
C.H. Bosch, Editeur/Responsable valorisation
M. Brink, Editeur
A. de Ruijter, Editeur
G.H. Schmelzer, Editeur/Responsable valorisation

Introduction

Choix des espèces

Le volume PROTA 14 : "Oléagineux" décrit les espèces de plantes cultivées et sauvages d'Afrique tropicale qui donnent des huiles ou des graisses, designées collectivement dans ce volume sous le nom d'oléagineux. Ce sont des substances insolubles dans l'eau, formées de mélanges de triglycérides d'acides gras et contenant en outre de petites quantités d'autres composés, tels que stérols et tocophérols, qui sont des antioxydants et jouent un rôle important dans les processus biologiques. Les huiles sont liquides et les graisses sont solides ou semi-solides à des températures de 18–24°C.
Les huiles végétales sont importantes dans la nutrition humaine, fournissant de l'énergie, des acides gras essentiels et des vitamines lipophiles. Leurs applications traditionnelles non alimentaires sont la fabrication de savon, l'huile lampante et les lubrifiants. Environ 15% de toutes les huiles végétales sont utilisées pour la fabrication de divers produits industriels et techniques. Les huiles végétales constituent environ 80% des approvisionnements mondiaux en huiles et en graisses naturelles, le reste étant d'origine animale.
PROTA affecte un seul usage primaire et, si cela est approprié, un ou plusieurs usages secondaires à toutes les espèces de plantes utilisées en Afrique. Le volume PROTA 14 : "Oléagineux" ne comprend que les articles de synthèse sur les espèces dont l'usage primaire est comme oléagineux. Le cocotier (*Cocos nucifera* L.) est utilisé principalement comme plante oléagineuse, et à ce titre est traité dans PROTA 14, mais il a de nombreux usages secondaires, par ex. ses feuilles sont utilisées en couverture et en vannerie, la coque de la noix de coco est employée pour faire des ustensiles ou du charbon actif, le "lait de coco" des jeunes fruits et la sève exsudant de la hampe coupée de l'inflorescence fournissent une boisson rafraîchissante. Le cotonnier (*Gossypium* spp.) est le principal exemple de plante cultivée qui est une importante source d'huile, mais est avant tout une plante à fibres et traitée à ce titre dans PROTA 16 : "Fibres".
Les espèces utilisées comme oléagineux en Afrique tropicale, mais qui ont un autre usage primaire, sont répertoriées après l'ensemble des articles de synthèse, et intégralement décrites dans d'autres groupes d'usage. Parmi les espèces importantes qui figurent sur cette liste, on peut citer : *Anacardium occidentale* L. (anacardier), *Dacryodes edulis* (G.Don) H.J.Lam (safoutier), *Persea americana* Mill. (avocatier) et *Zea mays* L. (maïs).
Six espèces sont décrites qui ont deux usages primaires, dont l'usage comme oléagineux, et par conséquent seront incluses dans deux groupes d'usage. Il s'agit d'*Arachis hypogaea* L. et *Glycine max* (L.) Merr. (inclus aussi dans PROTA 1 : "Céréales et légumes secs"), *Brassica carinata* A.Braun et *Brassica juncea* (L.) Czern. & Coss. (inclus aussi dans PROTA 2 : "Légumes"), *Ongokea gore* (Hua) Pierre (inclus aussi dans PROTA 7 : "Bois d'œuvre") et *Jatropha curcas* L. (inclus aussi dans PROTA 11 : "Plantes médicinales").
Dans PROTA 14 : "Oléagineux", des descriptions complètes sont données pour 40 espèces importantes. Ces oléagineux principaux comprennent pour la plupart des

espèces cultivées, mais également plusieurs espèces sauvages ou partiellement domestiquées. Les articles de synthèse sont présentés dans un format détaillé et illustrés d'un dessin au trait et d'une carte de répartition. En outre, des articles sur 8 espèces de moindre importance sont fournis. Les informations concernant ces espèces étant souvent peu abondantes, ces articles sont présentés dans un format simplifié. Pour 17 autres espèces, l'information était tellement limitée que des articles séparés n'étaient pas justifiés ; elles sont seulement mentionnées dans les articles sur les espèces apparentées.

Noms des plantes

Famille : à part les noms de famille classiques, le nom correspondant à la classification APG (Angiosperm Phylogeny Group) est également noté lorsqu'il diffère du nom classique.
Synonymes : seuls sont mentionnés les synonymes le plus communément utilisés et ceux qui risquent de prêter à confusion.
Noms vernaculaires : seuls sont inclus les noms utilisés dans les langues officielles d'importance régionale en Afrique, à savoir l'anglais, le français, le portugais et le swahili. Fournir des données approfondies sur les noms d'une espèce dans toutes les langues parlées dans sa zone de répartition dépasserait la portée de PROTA, car la simple vérification des noms demanderait aux spécialistes de longues recherches sur le terrain. Bien que certaines formes régionales d'arabe soient parlées dans plusieurs pays d'Afrique, le nombre d'espèces de plantes africaines possédant un nom en arabe classique écrit est limité. C'est pourquoi les noms arabes ont été omis. Quant aux noms des produits végétaux, ils sont mentionnés dans la section "Usages".

Origine et répartition géographique

Pour éviter de longues listes de pays dans le texte, une carte de répartition a été ajoutée pour les principales espèces. Cette carte indique les pays dans lesquels une espèce a été répertoriée, soit à l'état sauvage, soit en culture. Toutefois, pour bon nombre d'espèces, ces cartes sont incomplètes parce qu'elles sont réalisées sur la base d'informations publiées dont la quantité et la qualité varient énormément d'une espèce à l'autre. Ceci est tout particulièrement vrai pour les espèces sauvages que ne couvrent pas, ou pas complètement, les flores régionales africaines, et pour les espèces cultivées uniquement à petite échelle (par ex. dans les jardins familiaux). Pour certains pays (comme la Centrafrique, le Tchad, le Soudan et l'Angola), il existe relativement peu d'informations dans la littérature. Parfois, ces pays ne sont pas consignés dans des flores régionales ou nationales récentes, et, même si certaines espèces y sont présentes, il est impossible de le prouver ou de le confirmer.

Propriétés

La teneur en huile du produit est indiquée en même temps que la composition en acides gras de l'huile. Les acides gras sont groupés en acides gras saturés et insaturés, et sont énumérés dans l'ordre de la longueur de la chaîne de carbone. Les acides gras plus complexes sont décrits avec plus de détail. Ils comprennent les acides gras comportant des groupes époxy, hydroxy, phényl ou oxy. Ceux-ci sont toxiques, mais

sont d'importants matériaux de base dans l'industrie chimique. D'autres composés chimiques caractéristiques des huiles, tels que les stérols et les tocophérols, sont également mentionnés.

Les acides gras les plus communs sont les suivants :

C6:0	acide caproïque	9-C16:1	acide palmitoléique
C8:0	acide caprylique	9-C18:1	acide oléique
C10:0	acide caprique	9,12-C18:2	acide linoléique
C12:0	acide laurique	9,12,15-C18:3	acide linolénique
C14:0	acide myristique	9,11,13-C18:3	acide bolékique
C16:0	acide palmitique	9,11,13-C18:3	acide éléostéarique (isomère trans)
C18:0	acide stéarique	C20:1	acide eicosénoïque
C20:0	acide arachidique	13-C22:1	acide érucique
C22:0	acide béhénique	12-OH,9-C18:1	acide ricinoléique
C24:0	acide lignocérique		

La composition en acides gras d'une huile détermine dans une large mesure ses caractéristiques physiques. Celles-ci ne sont indiquées que lorsque c'est utile.

S'il y a lieu, d'autres aspects de la valeur alimentaire des plantes sont mentionnés. La méthode d'analyse utilisée pour déterminer les divers éléments de la composition nutritionnelle influe considérablement sur les valeurs trouvées. Pour cette raison, quelques sources standards ont été utilisées dans la mesure du possible, et elles sont mentionnées dans le texte. Il s'agit des suivantes : "Nutrient database for standard reference" de l'USDA ; "The composition of foods" de McCance & Widdowson ; "Food composition table for use in Africa" de la FAO.

Description

Une caractérisation morphologique des espèces est donnée. Cette description, rédigée en style télégraphique, fait usage des termes botaniques. Il n'est pas facile de fournir une description destinée au grand public, car les termes de la langue commune manquent souvent de la précision requise pour une description botanique. Un dessin au trait est ajouté pour toutes les espèces principales, pour servir de complément à la description et l'illustrer.

Gestion

La description des méthodes culturales, comprenant l'application d'engrais, l'irrigation et les mesures de lutte contre les ravageurs et les maladies, est donnée dans les sections "Gestion" et "Maladies et ravageurs". Elles reflètent les pratiques actuelles ou des recommandations généralisées, et optent pour une vue d'ensemble, mais sans recommandations détaillées adaptées aux conditions locales extrêmement diversifiées que rencontrent les agriculteurs. Les recommandations concernant la lutte chimique contre les ravageurs et les maladies sont purement indicatives et les règlements locaux doivent avoir la priorité. PROTA participera à la réalisation de produits dérivés pour la vulgarisation et l'enseignement, basés sur les textes de ce volume, mais auxquels des informations locales spécifiques seront ajoutées.

Ressources génétiques

La diversité génétique de nombreuses espèces de plantes d'Afrique est en train de se réduire, parfois à une vitesse alarmante, à la suite de la destruction des milieux et de la surexploitation. Le remplacement des variétés locales d'espèces cultivées par des cultivars modernes commercialisés représente une autre cause d'érosion génétique. Un bilan est fait de la diversité intraspécifique et des menaces probables au niveau de l'espèce, et lorsqu'il y a lieu il est fait référence à la Liste rouge des espèces menacées de l'UICN. Les informations sur les collections ex situ de ressources génétiques sont extraites pour la plupart des publications de Bioversity International (l'ancien Institut international des ressources phytogénétiques - IPGRI).

Références

L'objectif principal de la liste de références donnée est de guider le lecteur vers des informations complémentaires, et elle ne prétend pas être exhaustive. Les auteurs et éditeurs ont sélectionné deux catégories de références. Le nombre de "références principales" est limité à 10 (seulement 5 pour les espèces secondaires), et celui des "autres références" à 20 (seulement 10 pour les espèces secondaires). Les références figurant sur la liste incluent celles qui ont été utilisées lors de la rédaction de l'article de synthèse. Lorsqu'Internet a été utilisé, le site web et la date de consultation sont mentionnés.

Les oléagineux, traités par ordre alphabétique des noms scientifiques

ADANSONIA GRANDIDIERI Baill.

Protologue Grandid., Hist. phys. Madagascar pl. 79Bbis 2, 79E 1 (1893).

Famille Bombacaceae (APG : Malvaceae)

Nombre de chromosomes $2n$ = 60–64, 88

Noms vernaculaires Baobab malgache (Fr). Grandidier's baobab, giant baobab (En).

Origine et répartition géographique *Adansonia grandidieri* est endémique du sud-ouest de Madagascar, dans une zone qui commence juste au nord de Morondava et finit juste au nord de Morombe.

Usages *Adansonia grandidieri* est localement nommé "renala" ou "reniala", ce qui signifie "mère de la forêt" ; c'est le baobab le plus estimé et le plus couramment exploité de tous les baobabs malgaches. La pulpe du fruit et les graines se consomment fraîches. Une huile de cuisson est extraite des graines, et dans certains villages voisins de Morondava, on donne les fruits à manger aux chèvres, qui digèrent la pulpe mais excrètent les graines intactes. C'est ensuite qu'on les utilise pour l'extraction de l'huile. Avec l'écorce fibreuse et épaisse (jusqu'à 15 cm d'épaisseur), on confectionne une corde utilisée particulièrement pour les canoës. Le bois spongieux et fibreux non séché est parfois donné en nourriture aux bovins pendant les périodes de sécheresse ; autrefois, on utilisait des plaques de bois séchées comme matériau de couverture. Le bois des arbres morts sert de substrat à un champignon comestible. D'apparence spectaculaire, ces arbres jouent un rôle dans le folklore et la religion de la région.

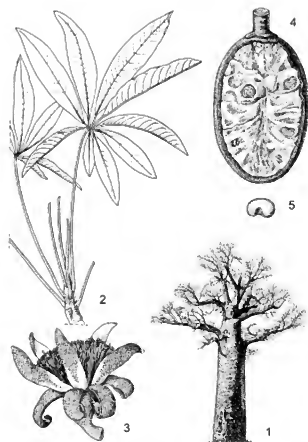
Production et commerce international Il n'existe pas de commerce international de l'huile extraite d'*Adansonia grandidieri*, mais elle est de bonne qualité et il a été envisagé de l'exporter. A la fin du XIX[e] siècle et au début du XX[e], les graines étaient exportées en France, à Marseille, pour l'extraction de l'huile de cuisson, mais l'approvisionnement faible et irrégulier était un obstacle à la poursuite de sa commercialisation. A cette époque, les fruits étaient exportés en Angleterre pour en faire de petites galettes séchées pour le thé.



Adansonia grandidieri – sauvage

Propriétés La teneur en huile des graines est de 36–39%. La composition de l'huile en acides gras est : acide palmitique 38%, acide stéarique 4%, acide oléique 23% et acide linoléique 16%. L'huile contient également des acides gras rares : acide malvalique 7%, acide sterculique 8% et acide dihydrosterculique 2%.

Description Arbre caducifolié de taille moyenne, inerme, atteignant 25 m de haut ; fût massif, cylindrique, atteignant 3 m de diamètre ; écorce extérieure lisse, gris rougeâtre, écorce interne épaisse, à fibres dures ; cime aplatie ; branches réparties régulièrement, principalement horizontales. Feuilles disposées en spirale, composées palmées, à (6–)9–11 folioles ; stipules atteignant 2 mm de long, caduques ; pétiole de 5–13 cm de long, pubescent ; pétiolules de 1–5 mm de long ; folioles étroitement elliptiques à lancéolées, les médianes faisant 6–12 cm × 1,5–3 cm, à bord entier, vert-bleu, densément poilues à courts poils jaunâtres en touffes. Fleurs solitaires à l'aisselle des feuilles à l'extrémité des rameaux, bisexuées, régulières, 5-mères, grandes, voyantes et odorantes ; bouton floral érigé, ovoïde, brun foncé ; pédicelle atteignant 1,5 cm de long et 1 cm de diamètre, à poils brun foncé, articulé ; calice à tube d'environ 1 cm de long, lobes de 7,5–8,5 cm × 1,5–2 cm, réfléchis et tordus, à poils brun rougeâtre à l'extérieur, à poils ivoire à l'intérieur ; pétales libres, étroitement lancéolés à oblancéolés, de 9–10 cm × 1,7–2 cm, torses, blancs, jaunissant avec l'âge ; étamines nombreuses, brièvement fusionnées à la base, atteignant 7,5 cm de long, blanches ; ovaire supère, largement arrondi-conique, d'environ 1 cm de long, à poils jaune citron, style plus long que les étamines centrales, blanc, persistant, stigmate brièvement lobé, blanc à rosé. Fruit : grosse baie oblongue-ovoïde à presque globuleuse, à fragile paroi de 2,5–4 mm d'épaisseur, à poils brun rougeâtre, contenant de nombreuses graines. Graines réniformes, de 12–14 mm × 10–12 mm × 9–10 mm. Plantule à germination hypogée ; premières 4–5 feuilles simples, feuilles ultérieures lobées et composées pour finir.



Adansonia grandidieri – 1, port de l'arbre ; 2, partie de rameau avec feuilles ; 3, fleur ; 4, fruit en section longitudinale ; 5, graine.
Redessiné et adapté par Achmad Satiri Nurhaman

Autres données botaniques Le genre *Adansonia* comprend 8 espèces, dont 6 sont endémiques de Madagascar, 1 est présente sur le continent africain et a été introduite à Madagascar, et 1 est endémique de l'Australie. *Adansonia grandidieri* est classé dans la section *Brevitubae* avec son plus proche cousin *Adansonia suarezensis* H.Perrier, espèce en danger de l'extrême nord de Madagascar. Les graines de cette dernière espèce sont également riches en huile, on en consomme les fruits et les graines, et l'infusion d'écorce se prend pour traiter le diabète. Les caractéristiques propres à *Adansonia grandidieri* sont ses feuilles bleu-vert et densément pubescentes à poils étoilés ainsi que son bouton floral brun foncé.

Croissance et développement Compte tenu de son milieu sec, la croissance initiale d'*Adansonia grandidieri* est rapide ; il peut atteindre 2 m de hauteur en 2 ans, et 12–15 m avec un fût de 60 cm de diamètre en 12 ans. Il produit de nouvelles feuilles au tout début de la saison des pluies et utilise les réserves d'eau du tronc pour assurer la croissance de ces nouvelles feuilles et la transpiration cuticulaire, mais les stomates restent fermés jusqu'à ce que les racines soient en mesure de fournir de l'eau en quantité suffisante. Il est en feuilles pendant toute la saison des pluies, d'octobre à mai. Il fleurit en mai–août et ses fruits mûrissent à la fin de la saison sèche, en novembre–décembre. Les fleurs apparaissent à l'extrémité des rameaux dépourvus de feuilles. Elles s'ouvrent vers le crépuscule et l'anthèse prend 15 minutes. Le tube ouvert du calice en forme de coupe peut accumuler environ 2 ml de nectar, et les fleurs sont souvent butinées par les chauves-souris frugivores et les phaners à fourche (des lémuriens), probablement responsables de la pollinisation.

Ecologie *Adansonia grandidieri* est amplement présent dans les forêts décidues sèches de basse altitude, où il est commun près des trous d'eau et des rivières. La plupart des arbres adultes se trouvent aujourd'hui sur les terres agricoles dégradées.

Multiplication et plantation La multiplication s'effectue facilement par graines. Une graine pèse environ 1,4 g.

Récolte Les fruits se ramassent au sol ou bien on va les cueillir dans l'arbre à l'aide de marches faites de morceaux de bois fichés dans le tronc avec un marteau. Pour obtenir l'écorce destinée aux cordages, on la découpe sur environ 2 mètres de haut à partir du sol. La cicatrice demeure mais de la nouvelle écorce se régénère sur les parties endommagées. Dans certaines régions, la plupart des arbres présentent ces cicatrices.
Pour obtenir le bois utilisé en couverture, on abat les arbres et on détache des plaques de bois fibreux du tronc. Après séchage au soleil, ces plaques sont vendues sur les marchés locaux.

Ressources génétiques *Adansonia grandidieri* est présent en populations réduites et dispersées. Il est menacé par la perte d'une partie importante des arbres adultes (20% ou plus), une régénération médiocre et la pression continue exercée par l'homme. Les arbres se trouvent surtout dans les forêts dégradées et sur les terres agricoles dégradées. Dans certains endroits, où les individus les plus grands et les plus sains ont été récoltés, on assiste à un déclin génétique ou une perte de vigueur de la population. Les incendies, la prédation dont les graines font l'objet, les cultures agricoles et la concurrence des adventices contribuent à une régénération médiocre. De plus, les incur-

sions d'espèces envahissantes et des changements intervenant dans la dynamique des espèces indigènes affectent l'écologie des peuplements. L'UICN a mené une évaluation d'*Adansonia grandidieri* en 1998 et l'a mis dans la catégorie "en danger" dans la liste rouge des espèces menacées, ce qui indique qu'il est confronté à un risque élevé d'extinction dans la nature dans un avenir proche. Ses taux de déclin en répartition et en occupation pendant les dix dernières années sont de l'ordre de 50%.

Perspectives Etant donné le statut d'espèce en danger d'*Adansonia grandidieri*, il est nécessaire d'explorer les possibilités de le produire en plantations ou de l'utiliser comme point de repère, comme c'est le cas par ex. pour le kapokier (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.) en Afrique de l'Est.

Références principales Baum, 1995a; Baum, 1995b; Baum, 1996; Baum & Oginuma, 1994; Bianchini et al., 1982; Perrier de la Bâthie, 1952b; Perrier de la Bâthie, 1953; Ralaimanarivo, Gaydou & Bianchini, 1982.

Autres références Baker & Baker, 1968; Keraudren, 1963; Mangenot & Mangenot, 1962; Miège, 1974; Rey, 1912; M.M.P.N.D., undated; World Conservation Monitoring Centre, 1998.

Sources de l'illustration Baillon, 1889; Hochreutiner & Perrier de la Bâthie, 1955.

Auteurs B. Ambrose-Oji & N. Mughogho

ADANSONIA RUBROSTIPA Jum. & H.Perrier

Protologue Matières Grasses 1308 (1909).

Famille Bombacaceae (APG : Malvaceae)

Nombre de chromosomes $2n = 72, 88$

Synonymes *Adansonia fony* Baill. ex H.Perrier (1952).

Noms vernaculaires Baobab de Madagascar, petit baobab de Madagascar (Fr). Fony baobab (En).

Origine et rèpartition gèographique *Adansonia rubrostipa* est endémique de Madagascar, où on le trouve sur la côte ouest, depuis Itampolo au sud jusqu'à Soalala au nord.

Usages L'arbre n'est que rarement utilisé. Les fruits, les graines riches en huile et les racines sont comestibles ; les fruits sont parfois vendus sur les marchés locaux. Des plaques de bois des arbres qui ont été détruits par les incendies sont séchées et utilisées comme matériau de couverture. Un champignon comestible apprécié pousse sur les troncs des arbres morts.

Propriétés La teneur en huile des graines est de 11%. La composition de l'huile en acides gras est : acide palmitique 30%, acide stéarique 2%, acide oléique 30% et acide linoléique 23%. L'huile contient également des acides gras rares : acide malvalique 5%, acide sterculique 2%, et acide dihydrosterculique 3%.

Botanique Arbre de taille petite à moyenne atteignant 20 m de haut ; fût cylindrique ou en forme de bouteille, marqué de nets étranglements en dessous des branches ; écorce externe habituellement brun rougeâtre, s'exfoliant ; cime irrégulière ; branches horizontales, érigées en position distale. Feuilles disposées en spirale, composées palmées, à 3–5 folioles ; stipules caduques ; pétiole mince et effilé, de 3–7 cm de long, glabre ; folioles sessiles, elliptiques, foliole médiane de 4–6(–8) cm × 1–2 cm, bords dentés. Fleurs solitaires à l'aisselle des feuilles à l'extrémité des rameaux, bisexuées, régulières, 5-mères, grandes, voyantes et odorantes ; bouton floral horizontal, cylindrique, de 16–28 cm de long ; pédicelle de 1–2,5 cm de long, vert ; calice à tube court, lobes linéaires, de 15–25 cm × 7–12 mm, réfléchis et bien tordus à la base, presque glabres, vert jaunâtre lavé de rayures rougeâtres à l'extérieur, rouge vif et légèrement poilus à l'intérieur ; pétales libres, linéaires, à base élargie et se chevauchant, de 12–16 cm × 1,5–2.5 cm, jaune vif à jaune orangé ; étamines nombreuses, plus longues que la corolle, fusionnées en un tube cylindrique de 6–10 cm de long ; ovaire supère, largement arrondi-conique, d'environ 7,5 mm de long, à poils dorés, style de 20–25 cm de long, rose, poilu à la base, étroitement enserré dans le tube staminal, stigmate à 5–8 lobes irréguliers et étalés, rouges, noircissant avec l'âge. Fruit : grosse baie globuleuse à épaisse paroi ligneuse de 4–5 mm, à poils denses brun rougeâtre, contenant de nombreuses graines. Graines réniformes, aplaties latéralement, atteignant 16 mm × 12 mm × 8 mm. Plantule à germination hypogée.

L'arbre est en feuilles de novembre à avril et fleurit de février à avril, rarement jusqu'en juin. Les fruits mûrissent en octobre–novembre.

Le genre *Adansonia* comprend 8 espèces, dont 6 sont endémiques de Madagascar, 1 est présente sur le continent africain et a été introduite à Madagascar, et 1 est endémique de l'Australie. *Adansonia rubrostipa* a été classé dans la section *Longitubae*, avec *Adansonia gibbosa* (A.Cunn.) Guymer ex D.A.Baum originaire d'Australie et 2 espèces originaires de Madagascar, *Adansonia madagascariensis* Baill. et *Adansonia za* Baill. Les caractères distinc-

tifs d'*Adansonia rubrostipa* sont ses folioles à bords dentés et un bouquet central de filets fusionné au-delà du sommet du tube staminal.

Ecologie *Adansonia rubrostipa* est localement une espèce d'arbre dominante des forêts décidues situées à l'ouest de Madagascar. Il est présent dans les forêts épineuses et sèches et les maquis sublittoraux, jusqu'à 500 m d'altitude. Il pousse habituellement sur des sols et des roches calcaires bien drainés.

Gestion La germination peut être irrégulière ; soit elle se produit rapidement à un taux satisfaisant, soit elle met plus de temps à un taux médiocre. Elle dépend de la température et de l'humidité du sol ainsi que d'autres paramètres qu'on ne comprend pas bien. *Adansonia rubrostipa* est relativement résistant aux insectes ravageurs qui attaquent d'autres *Adansonia* spp. Les fruits se récoltent en grimpant aux arbres à l'aide de morceaux de bois fichés dans le tronc avec un marteau.

Ressources génétiques et sélection Dans la liste rouge des espèces menacées de l'UICN, *Adansonia rubrostipa* figure dans la catégorie "quasi menacé", mais proche de la catégorie "vulnérable" à l'état sauvage. Les principales menaces viennent d'une déforestation ininterrompue. Les peuplements au nord de Toliara sont particulièrement menacés.

Perspectives Les fruits et les graines d'*Adansonia rubrostipa* resteront probablement peu importants. L'abattage des arbres doit être déconseillé pour assurer la survie de l'espèce.

Références principales Baum, 1995a; Baum, 1995b; Baum, 1996; Perrier de la Bâthie, 1953; Ralaimanarivo, Gaydou & Bianchini, 1982.

Autres références Bianchini et al., 1982; Baum & Oginuma, 1994; Du Puy, 1996; Mangenot & Mangenot, 1962; Miège, 1974; Salak, 2001.

Auteurs B. Ambrose-Oji & N. Mughogho

ADANSONIA ZA Baill.

Protologue Bull. Soc. Linn. Paris 2: 844 (1890).

Famille Bombacaceae (APG : Malvaceae)

Nombre de chromosomes $2n = 48, 88$

Synonymes *Adansonia alba* Jum. & H.Perrier (1909), *Adansonia bozy* Jum. & H.Perrier (1910).

Noms vernaculaires Baobab de Madagascar (Fr). Za baobab, baobab (En).

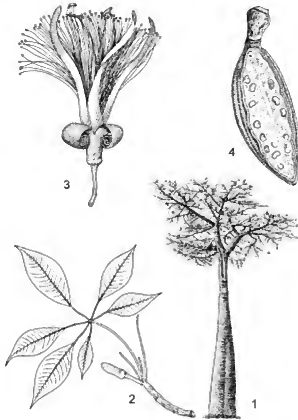
Origine et répartition géographique *Adansonia za* est endémique de Madagascar, où il est présent dans tout le nord, l'ouest et le sud.

Adansonia za – sauvage

Usages On consomme la pulpe du fruit et les graines riches en huile, ainsi que les racines des plantules. La pulpe du fruit a un agréable goût acide. On donne le bois humide des arbres qui viennent d'être abattus à manger au bétail en période de disette. On évide parfois le tronc pour en faire des citernes destinées à stocker l'eau. La fibre d'écorce s'utilise pour confectionner des étoffes et des cordages. Les fleurs sont employées en médecine pour traiter le mal de gorge.

Propriétés Les graines contiennent 11% d'huile. La composition de l'huile en acides gras est : acide palmitique 27%, acide stéarique 3%, acide oléique 30%, acide linoléique 23%. L'huile contient également des acides gras rares : acide malvalique 7%, acide sterculique 8%, et acide dihydrosterculique 2%.

Description Arbre caducifolié de taille moyenne atteignant 30 m de haut ; fût cylindrique ou légèrement effilé à renflements irréguliers, atteignant 3 m de diamètre ; écorce externe plus ou moins lisse, grise ; cime arrondie ; branches principales souvent effilées et ascendantes. Feuilles disposées en spirale, composées palmées, à 5–8 folioles ; stipules caduques ; pétiole de 5–15 cm de long ; pétiolules de 0–3 cm de long ; folioles largement elliptiques à lancéolées, les folioles médianes atteignant 20 cm × 8 cm, bords entiers, glabres ou parfois rugueuses, à 10–20(–nombreuses) paires de nervures latérales. Fleurs solitaires à l'aisselle des feuilles à l'extrémité des rameaux, bisexuées, régulières, 5-mères, grandes, voyantes, odorantes ; bouton floral dressé à horizon-



Adansonia za – 1, port de l'arbre ; 2, partie de rameau avec feuille et bouton floral ; 3, fleur ; 4, fruit en section longitudinale.
Redessiné et adapté par Achmad Satiri Nurhaman

tal, allongé à cylindrique, de 15–24 cm × 1,5–2,5 cm ; pédicelle de 2–3 cm de long, articulé, vert ; calice tubulaire, tube étroitement fixé autour de la base des pétales, avec un renflement annulaire marqué à la base, d'environ 2 mm de large, lobes linéaires, de 15–22 cm × 10–12 mm, réfléchis et tordus, verts et rugueux à l'extérieur, rouge foncé et poilus à l'intérieur ; pétales libres, linéaires, de 14–24 cm × 1–1,5 cm, tordus, jaunes ; étamines nombreuses, fusionnées à la base en un tube cylindrique ou effilé de 4–6,5 cm de long ; ovaire supère, conique à ovoïde, densément poilu, style de 16–22 cm de long, rouge foncé, glabre et densément poilu à la base, généralement inséré de manière lâche dans le tube staminal et persistant chez le fruit, stigmate de 3–5 mm de diamètre, irrégulièrement lobé, rouge. Fruit : baie oblongue à ovoïde ou globuleuse de 10–30 cm × 6–15 cm, à épaisse paroi ligneuse et fibreuse, cannelée, noirâtre, contenant de nombreuses graines. Graines réniformes, aplaties latéralement, atteignant 12 mm × 11 mm × 8 mm ; tégument dur. Plantule à germination hypogée ; première feuille simple, feuilles subséquentes devenant peu à peu 3-foliolées et composées palmées.

Autres données botaniques Le genre *Adansonia* comprend 8 espèces, dont 6 sont endémiques de Madagascar, 1 est présente sur le continent africain et a été introduite à Madagascar, et 1 est endémique de l'Australie. *Adansonia za* ressemble beaucoup à *Adansonia madagascariensis* Baill. et ces deux espèces ne peuvent pas toujours être nettement distinguées. La dernière se caractérise par ses pétales généralement rouges, son style non persistant et son fruit plus large. Elle est limitée au nord et au nord-ouest de Madagascar, où les fruits se consomment rarement. La consommation des racines épaissies des plantules est plus répandue. *Adansonia perrieri* Capuron est une autre espèce du nord de Madagascar, où elle est rare et en danger. La pulpe de son fruit est comestible.
Au sein de l'espèce *Adansonia za*, il existe une certaine variabilité entre le sud et le nord de son aire de répartition ; les individus situés dans le sud ont des folioles nettement pétiolulées et des fruits pourvus de pédoncules renflés, tandis que vers le nord les folioles deviennent sessiles et plus grandes, et les pédoncules ne sont pas renflés.

Croissance et développement Les arbres produisent de nouvelles feuilles pendant la saison sèche et sont en feuilles pendant toute la saison des pluies. Ils utilisent les réserves d'eau emmagasinées dans le tronc pour assurer la poussée des nouvelles feuilles et la transpiration cuticulaire, mais les stomates restent fermés jusqu'à la saison des pluies. Les arbres fleurissent au début de la saison des pluies, de novembre à février, un peu plus tôt dans le nord que dans le sud. La pollinisation est probablement effectuée par les sphynx *Coelonia*. Les fruits mûrissent à la fin de la saison sèche.

Ecologie *Adansonia za* est présent dans les forêts épineuses, les forêts décidues sèches, dans la savane et les maquis, jusqu'à 800 m d'altitude. C'est une espèce dominante dans certaines forêts décidues du sud de Madagascar, mais moins abondante dans le nord-ouest, où elle est concentrée au bord des fleuves. Sur les sols sableux ou sur les affleurements calcaires, elle devient rabougrie.

Multiplication et plantation Le taux de germination des graines est faible, souvent guère supérieur à 10%. Il est nécessaire de procéder à leur scarification mécanique pour interrompre la dormance dont est responsable leur tégument dur et imperméable à l'eau. Au

stockage, le comportement des graines est orthodoxe.

Ressources génétiques Si la diversité génétique d'*Adansonia za* n'est pas menacée en raison de son aire géographique étendue, sa régénération médiocre pourrait menacer sa survie à long terme. L'espèce figure sur la liste rouge des espèces menacées de l'UICN dans la catégorie des "quasi menacé", mais proche de la catégorie "vulnérable" à l'état sauvage. Les principales menaces viennent du défrichage forestier et d'une mauvaise régénération naturelle.

Perspectives L'usage d'*Adansonia za* va sans doute rester limité, bien que les racines des plantules pourraient devenir un aliment prisé, comme cela a été suggéré pour les jeunes racines du baobab australien, *Adansonia gibbosa* (A.Cunn.) Guymer ex D.A.Baum.

Références principales Baum, 1995a; Baum, 1995b; Baum, 1996; Baum & Oginuma, 1994; Bianchini et al., 1982; Chapotin, Razanameharizaka & Holbrook, 2006; Perrier de la Bâthie, 1953; Ralaimanarivo, Gaydou & Bianchini, 1982.

Autres références Bihrmann, undated; Du Puy, 1996; Jumelle & Perrier de la Bâthie, 1909; Jumelle & Perrier de la Bâthie, 1910; Miège, 1974; Neuwinger, 2000; Perrier de la Bâthie, 1952a; Perrier de la Bâthie, 1952b; Razanameharizaka et al., 2006; Wickens, 1982.

Sources de l'illustration Baillon, 1889; Hochreutiner & Perrier de la Bâthie, 1955.

Auteurs B. Ambrose-Oji & N. Mughogho

AFROLICANIA ELAEOSPERMA Mildbr.

Protologue Notizbl. Bot. Gart. Berlin-Dahlem 7: 483 (1921).

Famille Chrysobalanaceae

Nombre de chromosomes $2n = 22$

Synonymes *Licania elaeosperma* (Mildbr.) Prance & F.White (1976).

Noms vernaculaires Po-yok (Fr). Po-yok, mahogany nut, nikko (En).

Origine et répartition géographique L'aire de répartition d'*Afrolicania elaeosperma* s'étend depuis la Guinée et la Sierra Leone jusqu'à la Centrafrique, au Gabon et au Congo.

Usages L'huile des graines est employée comme huile capillaire et parfum corporel. Elle a été utilisée autrefois comme substitut de l'huile de lin dans les peintures et les vernis, et comme substitut médiocre de l'huile de toung.

Production et commerce international Il y a une certaine exportation de l'huile, par ex. du Ghana, mais les quantités en jeu ne sont pas connues.

Propriétés Le noyau du fruit pèse environ 9,5 g, dont 58–67% sont constitués par l'amande. Celle-ci contient 40–58% d'huile. La composition de l'huile est la suivante : acides gras saturés 13%, acides gras mono-insaturés 9%, acide licanique 44%, acide éléostéarique 34%. En raison de sa teneur élevée en acide licanique (acide 4-oxo-9,11,13-octadécatriénoïque) et en acide éléostéarique, cette huile est siccative et se solidifie rapidement en une masse analogue à du vernis. La principale source commerciale d'acide licanique est l'huile d'oïticica, fournie par *Licania rigida* Benth., arbre d'Amérique tropicale, qui en contient jusqu'à 80%. Le tourteau d'*Afrolicania elaeosperma* restant après l'extraction de l'huile ne convient pas pour l'alimentation du bétail.

Botanique Petit arbre jusqu'à 15 m de haut ; fût de forme irrégulière, avec de longs sillons profonds, jusqu'à 50(–80) cm de diamètre, avec des contreforts jusqu'à 2 m de haut ; écorce externe brune avec des taches grisâtres ou verdâtres, légèrement rugueuse, écorce interne rouge foncé à orange rosé, granuleuse ; cime hémisphérique, dense ; branches glabres lorsque jeunes. Feuilles alternes, simples et entières ; stipules linéaires, de 3–6 mm de long, persistant longtemps, bords finement dentés ; pétiole de 0,5–1 cm de long, sillonné sur le dessus, à 2 glandes ; limbe elliptique, de 7–16 cm × 3–8 cm, base cunéiforme, apex acuminé, coriace, glabre sur les deux faces à maturité, pennatinervé à 7–10 paires de nervures latérales. Inflorescence : panicule terminale ou axillaire jusqu'à 25 cm de long, avec des fleurs en groupes de 2–3(–5), à pubescence grise éparse. Fleurs bisexuées ou mâles, régulières, environ 2 mm de long ; pédicelle de 1–2 mm de long ; réceptacle aplati, pubescent à l'extérieur ; lobes du calice 5, triangulaires, à pubescence grise ; pétales absents ; étamines environ 20, libres, courtes ; ovaire supère, d'environ 1 mm de long, 1-loculaire, style d'environ 1 mm de long. Fruit : drupe sèche, ovoïde, d'environ 5 cm de long, densément verruqueuse, brun doré, renfermant 1 seule graine ; endocarpe mince, dur mais cassant, poilu en dedans. Graines à cotylédons épais, charnus. Plantule à germination hypogée ; premières feuilles alternes.

Le genre *Afrolicania* comprend une seule espèce. Il est étroitement apparenté au genre *Licania* et a longtemps été inclus dans ce genre en tant que seul représentant africain, mais

des indices moléculaires et morphologiques amènent à considérer qu'il vaut mieux en faire un genre distinct.
Les arbres mettent longtemps à atteindre leur maturité, et on a l'exemple d'arbres de 20–30 ans qui ne portent pas encore de fruits. Les fruits peuvent être dispersés par voie d'eau.

Ecologie *Afrolicania elaeosperma* se rencontre dans les forêts côtières et riveraines primaires et secondaires de la zone de forêt pluviale guinéo-congolienne, parfois sur le bord continental des mangroves. Au Cameroun, on le trouve toujours dans les forêts à inondation saisonnière. Il pousse souvent sur des sols sableux très pauvres.

Gestion Les fruits sont récoltés dans des peuplements sauvages, souvent sur les rivages. En Sierra Leone, on les récolte en mars–juin. Le noyau du fruit est fragile, et il est facile d'en extraire l'amande oléagineuse.

Ressources génétiques et sélection *Afrolicania elaeosperma* a une vaste aire de répartition, et il est peu probable qu'il soit menacé d'érosion génétique, bien que poussant à l'état disséminé.

Perspectives Bien que l'huile ait des caractéristiques chimiques intéressantes, il est peu probable qu'elle acquière une importance industrielle accrue, du fait que la très longue période juvénile d'*Afrolicania elaeosperma* le rend non économique comme espèce de plantation.

Références principales Burkill, 1985; Letouzey & White, 1978; Prance & Sothers, 2003; Saville & Fox, 1967.

Autres références Anonymous, 1942; Fauve, 1944; Kunkel, 1966; Lemée, 1959; Rheineck, 1937.

Auteurs L.P.A. Oyen

ALEURITES MOLUCCANA (L.) Willd.

Protologue Sp. pl. 4(1) : 590 (1805).
Famille Euphorbiaceae
Nombre de chromosomes $2n = 22, 24, 44$
Noms vernaculaires Bancoulier, noix des Indes, noix de bancoul, noix des Moluques (Fr). Candlenut tree, Indian walnut, lumbang tree, kukui nut (En). Noz da India, nogueira de Iguape, calumbàn (Po). Mkaa, mkaakaa (Sw).

Origine et répartition géographique Depuis l'antiquité, l'aire de répartition d'*Aleurites moluccana* va de l'Inde à la Chine, en passant par toute l'Asie du Sud-Est, jusqu'à la Polynésie et la Nouvelle-Zélande. Il a été introduit en culture dans de nombreux pays tropicaux et est devenu l'arbre national d'Hawaï. En Afrique, il est cultivé à petite échelle, par ex. en R.D. du Congo, en Tanzanie, en Ouganda, aux Comores, à Madagascar et en Afrique du Sud (Kwazulu-Natal et Mpumalanga).

Usages L'huile des graines ("huile de bancoul", "huile de kukui" ou "huile de lumbang") ne convient pas pour la cuisine, mais a des usages cosmétiques, industriels (peintures, vernis, linoléum, savons, produits d'entretien du bois), pour l'éclairage (huile lampante, bougies) et en médecine (purgatif léger, embrocation pour sciatique, contre la chute des cheveux). En Indonésie, elle sert à la fabrication du batik. Pour l'éclairage, les amandes huileuses peuvent se brûler telles quelles ou être écrasées pour en faire des bougies. La graine d'*Aleurites moluccana* est une épice indispensable dans la cuisine indonésienne, où elle est connue sous le nom de "kemiri". Elle a peu de saveur propre et joue surtout le rôle d'exhausteur de goût. On l'ajoute en petites quantités à de nombreux plats, crue ou légèrement grillée, écrasée et mélangée à d'autres ingrédients. A Hawaii, une épice appelée "inamona" se prépare avec les graines mélangées à des algues et du sel. Légèrement toxique, la graine crue se comporte comme un laxatif, mais il existe un type à Vanuatu dont les graines se consomment sans effet toxique apparent. En Indonésie, le tourteau résiduel est parfois transformé en un aliment à grignoter appelé "dage kemiri". Le tourteau est un excellent engrais organique riche en N et en P ; il faut l'employer avec précaution dans l'alimentation animale, en raison de ses effets toxiques.
Aleurites moluccana est couramment planté dans les villages et comme arbre d'alignement. Son feuillage vert argenté en fait un arbre ornemental attrayant dans les aménagements paysagers. Il est également utilisé pour le reboisement et pour éliminer les mauvaises herbes. Dans les endroits où l'on dispose de son bois en abondance, on l'utilise pour la sculpture et pour fabriquer des meubles, de petits ustensiles et des allumettes. Il convient à la pâte à papier.
En médecine traditionnelle indonésienne, les graines s'utilisent comme laxatif ; des amandes broyées, on fait des cataplasmes pour traiter les maux de tête, les fièvres, les ulcères, les articulations enflées et la constipation ; l'écorce sert à traiter la dysenterie, le jus d'écorce (mélangé à du lait de coco) à traiter la sprue, et les feuilles bouillies en usage externe servent à

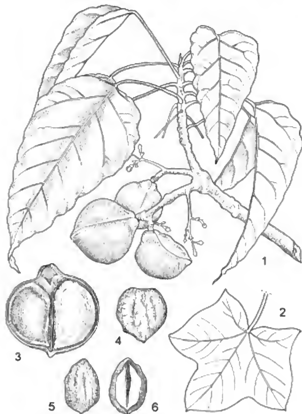
traiter les maux de tête et la blennorragie. Au Japon, l'écorce est utilisée pour traiter les tumeurs.
La dureté du noyau du fruit est exploitée dans un jeu d'argent dont l'objectif est de briser le noyau de l'adversaire en le heurtant avec le sien. En Indonésie, un cultivar est spécialement cultivé pour ce jeu. A Hawaï, les coques des noyaux servent à confectionner des guirlandes traditionnelles ("leis"). En Polynésie, des colorants tirés de diverses parties de l'arbre étaient jadis utilisés sur les étoffes d'écorce (tapas) et les canoës, et pour les tatouages.

Production et commerce international En Indonésie, il existe un commerce considérable de noix de bancoul sur le marché intérieur. dont l'île de Java est la destination principale. A la fin des années 1980, les exportations annuelles de ces noix étaient de l'ordre de 400–600 t, pour une valeur totale de US$ 200 000–500 000. La noix de bancoul se vend et se transporte sous forme de noyaux, ou "noix". Au niveau du détail, on en commercialise de petites quantités sous forme de graines (sans la coque dure).

Propriétés Le poids du noyau est de 10–14 g ; il se compose de la coque (65–70%) et de la graine (30–35%). Par 100 g de partie comestible, la graine sèche d'*Aleurites moluccana* contient : eau 5–8 g, protéines 8–22 g, lipides 60–62 g, glucides 7–18 g, fibres 2–3 g, cendres 3–4 g. La valeur énergétique est d'environ 2675 kJ/100 g. La noix de bancoul, qui possède très peu de saveur propre, semble jouer le rôle d'exhausteur de goût, en rendant les papilles gustatives temporairement plus sensibles. L'huile obtenue par pression à froid est jaune pâle, d'odeur agréable. Lorsqu'on la laisse reposer, elle sèche et se transforme en une mince pellicule givrée. La composition en acides gras de l'huile est : acide palmitique 5–9%, acide stéarique 2–7%, acide oléique 11–35%, acide linoléique 34–49%, acide linolénique 21–35%. La teneur en acides gras libres est généralement très faible. Pour améliorer les propriétés siccatives de l'huile, on peut la mélanger avec de l'huile de lin et la polymériser à chaud (par soufflage).
La toxicité modérée de la graine a été attribuée à une toxalbumine similaire à celles que l'on trouve chez les *Abrus* et *Ricinus* spp. Le bois est relativement léger et non durable.

Falsifications et succédanés L'huile de bancoul ressemble à l'huile de lin, mais ses qualités pour la peinture sont inférieures.

Description Arbre de grande taille, sempervirent, monoïque, atteignant 40 m de haut ; fût atteignant 1,5 m de diamètre, écorce grise, relativement rugueuse et à lenticelles ; cime imposante, irrégulière, d'aspect blanchâtre ou givré vue de loin en raison des poils étoilés blancs qui la recouvrent, surtout les parties jeunes. Feuilles alternes, simples ; stipules petites, rapidement caduques ; pétiole atteignant 30 cm de long, portant une paire de petites glandes vert-brun au sommet sur la face supérieure ; limbe à contour circulaire chez les jeunes arbres et les drageons, atteignant 30 cm de diamètre, à base cordée et à 3–5 lobes triangulaires, limbe des arbres adultes ovale-triangulaire ou ovale-oblong, de 12–23 cm × 6–12 cm, apex en pointe, courbe et pendant, bords entiers ou légèrement sinués, vert foncé et luisant argenté, pennatinervé. Inflorescence : panicule terminale ou axillaire composée de cymes, faisant 10–20 cm de long. Fleurs unisexuées, fleurs femelles terminant les rameaux ultimes des cymes, fleurs mâles bien plus nombreuses, plus petites, disposées en bouquets autour des fleurs femelles ; calice 2–3-lobé à l'anthèse, à poils étoilés ; pétales 5, lancéolés,



Aleurites moluccana – 1, rameau en fruits ; 2, feuille d'arbre jeune ; 3, fruit en coupe longitudinale ; 4, noyau vu de face ; 5, noyau vu de côté ; 6, noyau en coupe longitudinale.
Source: PROSEA

de 6–7 mm de long chez les fleurs mâles, de 9–10 mm chez les fleurs femelles, blancs ; glandes du disque 5 ; fleurs mâles à 10–20 étamines, disposées en 3–4 séries, celles de l'extérieur libres, celles de l'intérieur fusionnées ; fleurs femelles à ovaire 2–4-loculaire, à poils étoilés, et à 2–4 styles profondément 2-lobés. Fruit : drupe comprimée latéralement, ovoïde-globuleuse et à 2 noyaux, ou semiglobuleuse à 1 noyau, de 5–6 cm × 4–7 cm, à poils étoilés, indéhiscente, vert olive à chair blanchâtre ; endocarpe épais, osseux, rugueux. Graines comprimées-globuleuses, atteignant 3 cm × 3 cm ; albumen épais, riche en huile.

Autres données botaniques Le genre *Aleurites* est un petit genre de 2 espèces. Avant, il était plus important, mais il a été divisé en trois genres : le genre *Aleurites* qui comprend *Aleurites moluccana* et *Aleurites rockinghamensis* (Baill.) P.I. Forst., arbre de forêt pluviale d'Australie et de Nouvelle-Guinée, le genre *Reutealis* qui ne comprend qu'une seule espèce, *Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw, endémique des Philippines, et *Vernicia*, comprenant 3 espèces, toutes originaires d'Asie, mais largement cultivées. Toutes ces espèces donnent de l'huile et étaient jadis confondues.

Croissance et développement *Aleurites moluccana* fleurit pour la première fois au bout de 4 ans. La floraison peut avoir lieu toute l'année et il peut y avoir des fleurs et des fruits à tous les stades de développement simultanément sur l'arbre. Les fruits ont besoin de 3–4 mois pour se développer et mûrir. Modérément rapide, la croissance atteint 1,5 m de haut par an dans des conditions favorables. Aux Philippines, des arbres ont atteint 12,5 m de haut, avec un tronc de 15 cm de diamètre, 8 ans après la plantation.

Ecologie *Aleurites moluccana* est présent dans les régions tropicales et subtropicales bénéficiant d'au moins 700 mm de précipitations et d'une saison sèche ne durant pas plus de 5 mois ; dans les régions arides, il dépend des cours d'eau permanents ou des eaux souterraines. Dans les zones humides, on le trouve sur les terrains sablonneux bien drainés proches de la côte et sur sol calcaire, mais il est présent également à l'état naturalisé, dans les forêts mixtes et les forêts de teck. Il a besoin d'une température maximale moyenne pendant le mois le plus chaud de 26–30°C, et pendant le mois le plus frais, d'une température minimale moyenne de 8–13°C.

Il est présent sur toutes sortes de sols, qui doivent être bien drainés, avec un pH 5–8. Il supporte des vents forts et quelques embruns salins, mais ne tolère pas l'asphyxie racinaire, les incendies ou le gel durant plusieurs jours.

Multiplication et plantation La multiplication d'*Aleurites moluccana* se fait généralement par graines. On laisse pourrir les fruits quelques jours avant d'en extraire le noyau. Les graines ont une coque dure et gardent leur viabilité plus d'un an. Mais cette coque dure est également la cause d'une germination inégale et souvent lente. D'habitude, le pourcentage de germination est faible (30–40%), mais une scarification par des moyens mécaniques, physiques ou chimiques peut l'améliorer. Pour améliorer la germination, on a essayé d'alterner réchauffage et refroidissement des noyaux, ainsi que de les réchauffer au soleil dans un support humide. Le traitement à l'acide a été recommandé, mais selon d'autres sources cela resterait sans effet sur la germination. Un cassage des noyaux peut l'accélérer, mais cela peut provoquer des infections fongiques. Le semis direct est également possible, car les jeunes arbres concurrencent bien les plantes adventices. Il y a 100–120 graines/kg (avec les coques).

Les semences se sèment en planches ou en sachets en polyéthylène à une profondeur de 3–10 cm. Au champ, la distance de plantation est de 7–10 m × 7–10 m lorsqu'on cultive pour les graines, tandis que pour la production de pâte à papier, on pratique des espacements plus rapprochés, de 4 m × 4 m. Pour des brise-vent, on peut planter les arbres à 3–4 m d'écart.

La multiplication végétative, par ex. par bouturage ou marcottage, semble possible, mais cela peut donner des arbres dont la croissance végétative est excessive.

Gestion Les semis une fois établis nécessitent peu de soins. Les feuilles se renouvellent régulièrement, et les vieilles feuilles laissées au sol ne tardent pas à pourrir, ce qui enrichit le sol en matière organique et en nutriments. Les arbres recèpent bien, mais la repousse est trop lente pour pouvoir les utiliser en haies dans les systèmes agroforestiers.

Maladies et ravageurs Une maladie de la pourriture du collet provoquée par *Ustulina deusta* a été observée sur *Aleurites moluccana* en Indonésie. On a découvert que *Botryodiplodia theobromae* infestait le bois et causait des taches bleues. Il n'existe pas de ravageurs ayant une importance économique.

Récolte On laisse tomber les fruits d'*Aleurites moluccana*, qui demeurent sur le sol jusqu'à ce que la paroi externe du fruit pourrisse,

après quoi on récolte les noyaux.

Rendements Les estimations de rendements d'*Aleurites moluccana* sont de 2500–15 000 noyaux par arbre et par an, soit 25–150 kg. Cela correspond à 8–50 kg d'amandes par arbre et par an, soit 5–30 kg d'huile par arbre et par an.

Traitement après récolte La majeure partie de l'huile qu'on trouve dans le commerce est extraite au pressoir. Le broyage des noyaux entiers pour en extraire l'huile donne un rendement assez faible et le tourteau a moins de valeur comme engrais organique, mais l'extraction des graines à partir des noyaux est difficile.
Traditionnellement, on a recours à un mélange de techniques mécaniques (martelage) et physiques (réchauffements et refroidissements successifs) pour casser le noyau d'*Aleurites moluccana*. Les graines de la meilleure qualité, celles qui sont utilisées comme épice, s'obtiennent en faisant sécher les noyaux au soleil pendant 5–10 jours, et en les cassant ensuite mécaniquement.
Les noyaux peuvent se conserver plus d'un an sans changement notable dans la quantité et la composition de l'huile. Mais les amandes ne peuvent se conserver longtemps, car elles sont attaquées par des coléoptères, et l'huile s'acidifie.
Pour confectionner le "dage kemiri", on écrase le tourteau, on le fait tremper 48 heures sous l'eau courante, on le fait cuire à la vapeur, puis on le recouvre avec une feuille de bananier, on le met sous un poids pour en extraire le liquide qui reste et on le laisse fermenter 48 heures dans un endroit sombre.

Ressources génétiques Une collection vivante d'*Aleurites moluccana* est maintenue par le Research Institute for Spice and Medicinal Crops (RISMC) de Bogor, en Indonésie.

Sélection Il n'y a pas de programme d'amélioration génétique connu pour *Aleurites moluccana*.

Perspectives L'huile de bancoul continuera à être utilisée en cosmétique et pourrait trouver des débouchés plus importants dans des applications qui utilisent actuellement de l'huile de lin importée ou des produits pétrochimiques. Mais on peut encore douter que cela soit viable au plan économique. En Indonésie, la valeur du "kemiri" comme épice est incontestée. L'utilisation du bois dans l'industrie papetière pourrait être envisageable à long terme. En Afrique, *Aleurites moluccana* restera sans doute une plante d'importance limitée.

Références principales Airy Shaw, 1966; Elevitch & Manner, 2006; Gaydou et al., 1982; Heine & Legère, 1995; Kabele Ngiefu, Paquot & Vieux, 1977; Katende, Birnie & Tengnäs, 1995; Radcliffe-Smith, 1987; Radcliffe-Smith, 1996; Siemonsma, 1999; Stuppy et al., 1999.

Autres références Ako, Kong & Brown, 2005; Brown et al., 2005; Gaydou & Ramanoelina, 1983; Hadad & Mansur, 1992; Poteet, 2006; Semangun, 1988; Tapa Darma, 1993; World Agroforestry Centre, undated.

Sources de l'illustration Siemonsma, 1999.

Auteurs L.P.A. Oyen

Basé sur PROSEA 13: Spices.

ALLANBLACKIA FLORIBUNDA Oliv.

Protologue Fl. trop. Afr. 1: 163 (1868).

Famille Clusiaceae (Guttiferae)

Noms vernaculaires Bouandjo, ouotéra (Fr). Vegetable tallow tree (En). Kionzo (Po).

Origine et répartition géographique *Allanblackia floribunda* se rencontre dans la zone de forêt pluviale depuis le Nigeria jusqu'à la Centrafrique et à la partie orientale de la R.D. du Congo, et vers le sud jusqu'au nord de l'Angola ; il en existe un spécimen d'herbier ancien collecté au Bénin.

Usages La matière grasse fournie par les graines, appelée "allanblackia fat" ou "beurre de bouandjo" au Congo, est employée pour la cuisine. Depuis peu, l'industrie alimentaire internationale s'intéresse à cette matière grasse comme composant solide naturel des margarines et produits analogues. Les graines sont consommées en périodes de disette, et également employées comme appât dans les pièges pour petit gibier. La pulpe mucilagi-



Allanblackia floribunda – sauvage

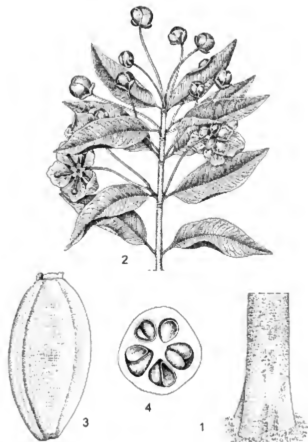
neuse des fruits peut servir à faire des confitures et des gelées. Le bois est localement employé, mais n'est que d'importance économique secondaire. Au Nigeria, on l'utilise dans la construction des cases locales. Les rameaux ont été employés comme chandelles. Au Gabon, on emploie une décoction d'écorce interne pour traiter la dysenterie et en bain de bouche contre les maux de dents, et au Congo elle sert à traiter les maux d'estomac. En R.D. du Congo, on prend une décoction d'écorce ou de feuilles pour traiter l'asthme, la bronchite et la toux. La sève pressurée de l'écorce est un composant d'un médicament employé pour traiter l'incontinence urinaire. Les petits rameaux sont employés comme bâtons à mâcher ou cure-dents.

Production et commerce international Les graines et sa matière grasse sont commercialisées traditionnellement à petite échelle sur les marchés locaux, par ex. au Cameroun. Actuellement, une filière commerciale internationale pour les graines et la matière grasse d'*Allanblackia floribunda* se met en place au Nigeria. On estime que le Nigeria a produit en 2006 environ 50 t de beurre de bouandjo.
Le bois n'est nulle part important comme bois d'œuvre, bien que l'arbre soit localement commun.

Propriétés Les graines contiennent une matière grasse qui est solide à température ambiante. L'amande, qui représente jusqu'à 60% de la graine, contient environ 72% de lipides. La composition en acides gras de cette matière grasse est approximativement la suivante : acide stéarique 45–58%, acide oléique 40–51%. D'autres acides gras sont présents à l'état de traces. Sa composition et son point de fusion élevé (35°C) font de cette matière grasse une matière première intéressante qui peut être employée sans transformation pour améliorer la consistance des margarines, des substituts du beurre de cacao et produits similaires.
Le bois de cœur d'*Allanblackia floribunda*, qui est assez dur, est rouge pâle ou brun, et généralement assez distinct de l'aubier qui est épais et de couleur beige rosé. Le fil est assez droit, le grain moyen à grossier. Le bois est peu lustré. La densité est de 860 kg/m³ à 12% de degré d'humidité. A 12% d'humidité, le module de rupture est de 107 N/mm², le module d'élasticité de 13 700 N/mm², la compression axiale de 46 N/mm², et la dureté de flanc Chalais-Meudon de 3,3. Le bois sec se scie bien, mais le bois vert peut se cambrer lors de la conversion. Il est assez facile à travailler avec des outils manuels et mécaniques. Il est assez durable, et moyennement résistant aux termites.
Une xanthone prénylée, appelée allanxanthone A, a été isolée de l'écorce, ainsi que de la 1,5-dihydroxyxanthone et de la 1,5,6-trihydroxy-3,7-diméthoxyxanthone. Les composants isolés ont montré in vitro une cytotoxicité contre la lignée de cellules cancéreuses KB.

Falsifications et succédanés La matière grasse des graines d'*Allanblackia floribunda* a une composition très semblable à celle d'*Allanblackia parviflora* A.Chev. et d'*Allanblackia stuhlmannii* (Engl.) Engl.

Description Arbre de moyenne grandeur, sempervirent, dioïque, atteignant 30 m de haut ; fût assez court, rectiligne, cylindrique, dépourvu de contreforts mais avec parfois une base épaissie ; surface de l'écorce brun rougeâtre à noirâtre, à petites écailles irrégulières, écorce interne granuleuse, rougeâtre ou brune, exsudant un peu de sève claire ; branches nombreuses, verticillées, horizontales, creuses, avec des sillons longitudinaux, noir brunâtre,



Allanblackia floribunda – 1, base du fût ; 2, rameau en fleurs ; 3, fruit ; 4, fruit en section transversale montrant les graines.
Redessiné et adapté par Achmad Satiri Nurhaman

glabres. Feuilles opposées, simples et entières ; stipules absentes ; pétiole d'environ 1 cm de long, glabre ; limbe elliptique à ovale, rarement obovale, de 8–25 cm × 3–8 cm, base arrondie ou cunéiforme, apex acuminé, finement coriace, glabre et luisant, pennatinervé à nombreuses nervures latérales. Inflorescence : grappe ou panicule terminale à ramifications fortement réduites, ou fleurs solitaires ou par paires à l'aisselle des feuilles. Fleurs unisexuées, régulières, 5-mères, rosées ou rougeâtres, rarement blanches ; pédicelle de 3–8 cm de long ; sépales orbiculaires, inégaux, les extérieurs de 5–8 mm de diamètre, les intérieurs de 12–15 mm de diamètre, glabres ; pétales obovales à orbiculaires, de 20–25 mm de long, glabres ; fleurs mâles à nombreuses étamines en 5 faisceaux à l'opposé des pétales, de 10–15 mm de long, anthères disposées sur la face interne du faisceau ; disque en forme d'étoile à glandes profondément pliées ; fleurs femelles à ovaire supère, complètement 5-loculaire, stigmate sessile, faisceaux staminaux réduits à quelques staminodes libres, de 4–5 mm de long, glandes du disque sillonnées. Fruit : grosse baie ellipsoïde de 20–50 cm × 5–14 cm, à 5 côtes longitudinales, renfermant 40–80 graines. Graines ovoïdes, de 2,5–3 cm × 1,5–2 cm, entourées d'un arille rosé ; embryon petit, entouré d'un albumen huileux. Plantule à germination hypogée.

Autres données botaniques Le genre *Allanblackia* comprend une dizaine d'espèces, et est restreint à l'Afrique tropicale. *Allanblackia parviflora* A.Chev. est parfois inclus dans *Allanblackia floribunda*. Cependant, leurs aires de répartition sont disjointes, la première se rencontrant depuis la Guinée et la Sierra Leone jusqu'au Ghana. *Allanblackia gabonensis* (Pellegr.) Bamps se rencontre au Cameroun et au Gabon. La matière grasse extraite des graines, localement appelée également "beurre de bouandjo", est employée pour la cuisine.

Croissance et développement Dans les conditions naturelles, les arbres commencent à fleurir à partir de 12 ans environ. La floraison dure pendant une grande partie de l'année, en particulier de janvier à septembre. Les fruits prennent presque un an pour mûrir, et on trouve des fruits mûrs également pendant une grande partie de l'année. Les fruits sont mangés par les porcs sauvages et les porcs-épics, qui peuvent disperser les graines.

Ecologie *Allanblackia floribunda* est une essence de sous-étage commune dans les forêts pluviales sempervirentes et les ripisylves des basses terres, ainsi qu'en forêt secondaire et forêt marécageuse, jusqu'à 1000 m d'altitude. Il est commun sur des sols acides fortement lessivés, de pH 3,8–4,1. Des estimations faites au Cameroun indiquent que dans des forêts très humides on trouve des densités d'arbres de >10 cm de diamètre de l'ordre de 150 tiges par km^2, tandis que des estimations faites pour des zones comparables au Nigeria indiquent environ 250 tiges par km^2.

Multiplication et plantation Les graines sont récalcitrantes. La germination prend 6–18 mois, et les taux de germination sont très faibles. La régénération naturelle pâtit de la prédation et de la récolte des graines. Le poids de 100 graines est d'environ 1 kg. En gardant les fruits pendant plusieurs mois dans un endroit humide (couverts de feuilles de bananier et partiellement enterrés) et en pratiquant une scarification du tégument de la graine, on n'accroît que légèrement le taux de germination. On cherche à mettre au point des méthodes de multiplication par boutures et par greffe. Lorsqu'on plante un matériel obtenu par multiplication végétative, on doit planter aussi bien des arbres mâles que femelles.

Gestion On s'efforce actuellement de domestiquer *Allanblackia floribunda*, mais jusqu'à présent les graines ne sont récoltées que dans des peuplements naturels ou sur des arbres maintenus sur des terres cultivées. On laisse sur pied des arbres lorsqu'on défriche des terrains en vue de la culture, et on les entretient spécialement comme arbres d'ombrage pour les cacaoyers.

Maladies et ravageurs Les fruits et les graines sont mangés par de nombreux animaux sauvages, et les pertes sont importantes à moins de récolter fréquemment les fruits mûrs. On a fait état d'insectes foreurs des graines.

Récolte Le degré de maturité des fruits sur les arbres ne peut être estimé, c'est pourquoi on attend que les fruits mûrs tombent sur le sol pour les ramasser. La saison de récolte est longue (de janvier à avril), et en certains endroits les périodes de pointe coïncident avec de la demande de main-d'œuvre dans les champs, ou avec la saison de récolte d'autres produits de la forêt. Pour des groupes d'arbres isolés, la saison de fructification est plus courte, et des études préliminaires indiquent que la récolte de fruits sur des peuplements sauvages peut être économique.

Traitement après récolte Les fruits sont entreposés sous une couverture de feuilles pour permettre à la pulpe de se désagréger. Pour

extraire les graines, on écrase les fruits entre les mains et on frotte les graines pour les nettoyer. Pour extraire la matière grasse, les graines sont soigneusement séchées avant de les amener aux centres d'achat, où un personnel compétent vérifie la teneur en humidité et le poids, après quoi les graines sont prêtes pour le stockage dans des sacs en jute. Pour extraire la matière grasse, les graines sont séchées et pilées, puis la masse obtenue est additionnée d'eau et bouillie jusqu'à ce que la matière grasse se sépare et flotte en surface, où on l'écope. On utilise maintenant des presses à vis et hydrauliques plus modernes.

Ressources génétiques *Allanblackia floribunda* occupe une vaste aire de répartition, et malgré le déclin des superficies de forêt pluviale il n'est pas considéré comme vulnérable. La collecte des graines et des semis naturels peut localement influer sur la régénération naturelle.

Sélection La sélection d'arbres à haut rendement en vue de la récolte de graines et de la multiplication végétative a débuté récemment. Les critères de sélection sont notamment la taille et l'abondance des graines et des fruits, ainsi que la taille et la structure des arbres.

Perspectives Si les efforts de domestication sont couronnés de succès, *Allanblackia floribunda* ou l'une des espèces d'*Allanblackia* voisines à gros fruits pourrait devenir une spéculation prometteuse dans la zone de forêt pluviale d'Afrique. La récolte de graines de peuplements naturels est possible, mais sa viabilité économique est médiocre, à l'exception peut-être des zones où *Allanblackia floribunda* est très commun.

Références principales Bamps, 1969; Bamps, 1970; Eyog Matig et al. (Editeurs), 2006; Takahashi, 1978; World Agroforestry Centre, undated.

Autres références Bolza & Keating, 1972; Heckel, 1902; Hendrickx, 2006; Menninger, 1977; Nkengfak et al., 2002; Normand & Paquis, 1976; Van Rompaey, 2003; Vivien & Fauré, 1988a; Wilks & Issembé, 2000.

Sources de l'illustration Thonner, 1915; Wilks & Issembé, 2000.

Auteurs C. Orwa & M. Munjuga

ALLANBLACKIA PARVIFLORA A.Chev.

Protologue Veg. Ut. Afr. Trop. Franc. 5: 163 (1909).

Famille Clusiaceae (Guttiferae)

Nombre de chromosomes $2n = 56$

Noms vernaculaires Ouotéra (Fr). Vegetable tallow tree (En).

Origine et répartition géographique *Allanblackia parviflora* se rencontre dans la zone forestière depuis la Guinée et la Sierra Leone jusqu'au Ghana.

Usages Les graines d'*Allanblackia parviflora* fournissent une matière grasse solide qui est employée pour la cuisine. Depuis peu, l'industrie alimentaire internationale s'intéresse à cette matière grasse comme composant solide naturel des margarines et produits analogues. Les graines sont employées comme appât dans les pièges pour petit gibier. Au Ghana, le latex de l'écorce est employé comme poix. Le bois, appelé "lacewood" au Liberia, est employé localement, par ex. en construction d'habitations pour les cloisons, les portes et les cadres de fenêtres. Au Ghana, les petits arbres sont employés pour faire des poteaux, des étais de mine et des piles de pont. Les arbres sont souvent maintenus en place lors des défrichements en vue de la plantation de cacaoyers. En raison de leur cime relativement peu développée, ils sont appréciés comme arbres d'ombrage. Les petits rameaux sont employés comme bâtons à mâcher ou cure-dents. L'écorce pilée est frottée sur le corps pour soulager la douleur. En Côte d'Ivoire, on emploie une décoction de pulpe de fruits pour soulager l'éléphantiasis du scrotum.

Production et commerce international Une filière commerciale internationale pour les



Allanblackia parviflora – sauvage

graines d'*Allanblackia* spp., dont celles d'*Allanblackia parviflora*, se met en place actuellement. On estime que le Ghana a produit en 2006 environ 50 t d'huile d'allanblackia.

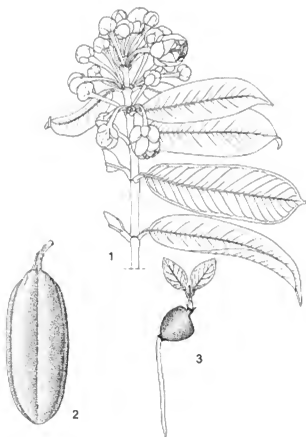
Propriétés Les graines sèches contiennent par 100 g environ : eau 6 g, énergie 2700 kJ (648 kcal), protéines 4 g, lipides 64 g, glucides 24 g, fibres 3 g, Ca 122 mg, P 169 mg. La composition en acides gras de la matière grasse est approximativement la suivante : acide stéarique 45–58% et acide oléique 40–51%. D'autres acides gras sont présents à l'état de traces. Sa composition et son point de fusion élevé (35°C) font de cette matière grasse une matière première de valeur, qui peut être employée sans transformation pour améliorer la consistance des margarines, des substituts du beurre de cacao et produits similaires.

Le bois d'*Allanblackia parviflora* est beige rosé. Le fil est assez droit, le grain moyen à grossier. Le bois est peu lustré.

La densité est de 660–900 kg/m³ à 12% de degré d'humidité. Les taux de retrait durant le séchage sont moyennement élevés : de l'état vert à anhydre de 4,1% dans le sens radial et 10,1% dans le sens tangentiel. A 12% d'humidité, le module de rupture est de 103–140 N/mm², le module d'élasticité de 6900–15 800 N/mm², la compression axiale de 43–53 N/mm², le cisaillement de 12–20 N/mm, la dureté Janka de flanc de 9050 N, et la dureté Janka en bout de 9500 N. Le bois est facile à travailler, et prend un fini lisse.

Falsifications et succédanés Les matières grasses extraites des graines d'*Allanblackia floribunda* Oliv. et d'*Allanblackia stuhlmannii* (Engl.) Engl. ont une composition très similaire à celles d'*Allanblackia parviflora*.

Description Arbre de moyenne grandeur, sempervirent, dioïque, atteignant 25(–33) m de haut ; fût rectiligne, cylindrique, jusqu'à 80 cm de diamètre, dépourvu de contreforts ; surface de l'écorce brun jaunâtre ou brun rougeâtre, avec de petites écailles irrégulières, écorce interne brun rouge avec parfois des bandes jaune pâle, exsudant une sève incolore ou jaunâtre pâle ; cime étroite, à branches courtes horizontales. Feuilles opposées, simples et entières ; stipules absentes ; pétiole de 1–1,5 cm de long, sillonné sur le dessus ; limbe elliptique à étroitement obovale, de 12–25 cm × 5–9 cm, base cunéiforme, apex acuminé, finement coriace, glabre, brillant sur le dessus, pennatinervé à nombreuses nervures latérales. Inflorescence : grappe ou panicule terminale à ramifications fortement réduites, ou fleurs solitaires ou par paires à l'aisselle des feuilles. Fleurs unisexuées, régulières, 5-mères, rosées à rougeâtres ou blanches, odorantes ; pédicelle de 1–3 cm de long : sépales ovales ou obovales, inégaux, de 6–18 mm × 4–15 mm, glabres ; pétales obovales, d'environ 20 mm de long, glabres ; fleurs mâles à nombreuses étamines réparties en 5 faisceaux à l'opposé des pétales, obtriangulaires, d'environ 18 mm de long, anthères disposées sur la face interne des faisceaux, disque étoilé à glandes lisses ou légèrement pliées ; fleurs femelles à ovaire supère, incomplètement 5-loculaire, stigmate sessile. Fruit : grosse baie ellipsoïde de 10–50 cm × environ 15 cm, à 5 côtes longitudinales, à verrues brunes, renfermant 40–100 graines. Graines ovoïdes, d'environ 3 cm × 2 cm × 1,5 cm, entourées d'un arille rosé. Plantule à germination hypogée ; épicotyle de 4–5 cm de long.



Allanblackia parviflora – *1, rameau en fleurs ; 2, fruit ; 3, semis.*
Redessiné et adapté par Achmad Satiri Nurhaman

Autres données botaniques Le genre *Allanblackia* comprend une dizaine d'espèces, et est restreint à l'Afrique tropicale. *Allanblackia parviflora* est parfois considéré comme synonyme d'*Allanblackia floribunda* Oliv. Cepen-

dant, leurs aires de répartition sont disjointes, la dernière se rencontrant depuis le Bénin et le Nigeria jusqu'à l'est de la R.D. du Congo. Les deux espèces sont très semblables, mais *Allanblackia floribunda* peut être distinguée par les glandes pliées du disque des fleurs mâles et un pédicelle plus long.

Croissance et développement En Sierra Leone, les arbres fleurissent en avril–juin, et les fruits sont mûrs en janvier–février. En Côte d'Ivoire, la floraison s'étend de décembre à septembre avec un maximum en mars, et on trouve des fruits mûrs presque toute l'année. Les branches sont fragiles, et sont souvent cassées par les vents forts.

Ecologie *Allanblackia parviflora* est surtout abondant dans la zone de forêt humide sempervirente, notamment sur les pentes et en dehors des zones perturbées. Il est moins commun dans la forêt semi-décidue. Il est commun sur les sols acides fortement lessivés, avec un pH de 3,8–4,1.

Multiplication et plantation La régénération naturelle est affectée par la prédation et la collecte des graines. La multiplication par graines est difficile du fait que la germination est extrêmement lente et peut prendre 24–30 mois. On cherche à mettre au point des méthodes de multiplication par boutures et par greffe.

Gestion Un inventaire de la forêt humide sempervirente de Mabi en Côte d'Ivoire a recensé 150 arbres par km² dans les classes de diamètre supérieur à 10 cm ; dans la forêt perhumide de Yaya, dans le sud-est de la Côte d'Ivoire, on a recensé 600 arbres par km². Dans la forêt sempervirente du Ghana, on estime à 200 arbres par km² la densité d'arbres de 30–80 cm de diamètre de fût. Le nombre total d'arbres de cette classe en Côte d'Ivoire a été estimé à plus de 1 million (soit 8 arbres par ha) ; au Liberia ce nombre a été estimé à 4 millions.

On s'efforce actuellement de domestiquer cette espèce, mais jusqu'à présent toutes les graines sont récoltées dans des peuplements naturels ou sur des arbres laissés sur pied dans des terrains cultivés.

Dans les forêts de production, *Allanblackia parviflora* est considéré comme un adventice indésirable, et est parfois éradiqué.

Récolte Le degré de maturité des fruits ne peut pas être estimé sur l'arbre, aussi attend-on que les fruits mûrs tombent sur le sol, où on les ramasse. Les fruits et les graines sont mangés par de nombreux animaux sauvages, et les pertes sont importantes à moins de récolter les fruits mûrs à fréquents intervalles. La saison de récolte coïncide avec de la demande de main-d'œuvre dans les champs, ou avec la saison de récolte d'autres produits de la forêt. Pour des groupes d'arbres isolés, la saison de fructification est plus courte, et des études préliminaires indiquent que la récolte de fruits sur des peuplements sauvages peut être économique. Une filière de récolte, expédition et transformation en vue de l'exportation de la matière grasse se met actuellement en place au Ghana.

Traitement après récolte Les fruits sont entreposés sous une couverture de feuilles pour permettre à la pulpe de se désagréger. Pour extraire les graines, on écrase les fruits entre les mains et on frotte les graines pour les nettoyer. Pour extraire la matière grasse, les graines sont séchées et pilées, puis la masse obtenue est additionnée d'eau et bouillie jusqu'à ce que la matière grasse se sépare et flotte à la surface, où on l'écope. On utilise maintenant également des presses à vis et hydrauliques plus modernes.

Ressources génétiques *Allanblackia parviflora* est répandu, et bien que les superficies de forêt pluviale s'amenuisent il n'est pas considéré comme vulnérable.

Sélection La sélection d'arbres à haut rendement en vue de la récolte de graines et de la multiplication végétative a débuté récemment.

Perspectives La demande de matière grasse d'*Allanblackia* spp. a des chances de rester forte. Si les efforts de domestication sont couronnés de succès, *Allanblackia parviflora* ou l'une des espèces voisines à gros fruits pourrait devenir une spéculation prometteuse dans la zone de forêt pluviale d'Afrique. La récolte de graines de peuplements naturels est possible, mais sa viabilité économique est médiocre, à l'exception peut-être des zones où *Allanblackia parviflora* est le plus commun.

Références principales Aubréville, 1959b; Busson, 1965; de Koning, 1983; Irvine, 1961; Leung, Busson & Jardin, 1968; Saville & Fox, 1967; Van Rompaey, 2003; World Agroforestry Centre, undated.

Autres références Bamps, 1969; de la Mensbruge, 1966; Ofori et al., 2006.

Sources de l'illustration Busson, 1965; de la Mensbruge, 1966.

Auteurs C. Orwa & L.P.A. Oyen

ALLANBLACKIA STUHLMANNII (Engl.) Engl.

Protologue Engl. & Prantl, Nat. Pflanzenfam. II–IV Nachtr. 1: 249 (1897).

Famille Clusiaceae (Guttiferae)

Noms vernaculaires Mkange, mkanye, mkimbo, mshambo, mwaka (Sw).

Origine et répartition géographique *Allanblackia stuhlmannii* est endémique de Tanzanie, où on le trouve depuis les montagnes de l'Arc oriental et la région d'Iringa jusqu'aux Hautes terres du Sud.

Usages Les graines fournissent une matière grasse comestible appelée "allanblackia fat" ou "kanye butter". On l'emploie en cuisine, et on l'a employé comme substitut du beurre et du beurre de cacao, et pour faire des bougies. Depuis peu, l'industrie alimentaire internationale s'intéresse à cette matière grasse comme composant solide naturel des margarines et produits analogues. Le tourteau est amer et contient des tanins, mais il est parfois employé comme aliment du bétail. Les graines sont employées comme appât pour le petit gibier. Le bois est employé pour la construction, la menuiserie à bon marché, la caisserie, les ruches à miel et les récipients à eau. On l'emploie aussi comme combustible. En médecine traditionnelle, les feuilles sont mâchées pour traiter la toux, tandis que les feuilles, l'écorce et les racines sont employées pour traiter l'impuissance. On emploie un extrait des graines en friction pour traiter les rhumatismes. La matière grasse est appliquée comme liniment sur les articulations douloureuses, les blessures et les exanthèmes, et elle est absorbée en petites quantités pour traiter les rhumatismes. Chez les Héhés, la matière grasse mélangée à des graines pilées de *Psorospermum febrifugum* Spach est frottée dans les profondes crevasses de la plante des pieds. L'écorce fournit un colorant jaune. Les arbres femelles d'*Allanblackia stuhlmannii* sont maintenus sur les terres défrichées en vue de la culture, et ils sont sans doute plantés occasionnellement comme arbres d'ombrage sur les cultures et comme arbres d'agrément. La pulpe mucilagineuse des fruits forme une gelée que l'on peut employer pour faire des confitures.



Allanblackia stuhlmannii – sauvage

Production et commerce international Les graines et le bois d'*Allanblackia stuhlmannii* sont d'importance surtout locale. Les graines étaient exportées vers l'Europe dans les années 1970 et 1980 pour leur matière grasse. Depuis peu, la demande internationale de beurre d'*Allanblackia* est montée en flèche.

Propriétés Les graines séchées à l'air contiennent environ 50% de matière grasse, dont la composition en acides gras est remarquable du fait qu'elle est principalement constituée d'acide stéarique (45–58%) et d'acide oléique (40–51%). D'autres acides gras sont présents à l'état de traces. Cette composition et le point de fusion élevé qui en résulte (35°C) en font une matière première intéressante qui peut être employée sans transformation pour améliorer la consistance des margarines, des substituts du beurre de cacao et produits similaires. La composition approximative du tourteau séché à l'air est la suivante : eau 13 g, protéines 14 g, lipides 7 g, glucides 55 g, fibres brutes 7 g, cendres 8 g. Ce tourteau est amer et contient des tanins, et ses possibilités d'emploi comme aliment du bétail sont limitées.

Les arbres de taille exploitable pour le bois d'œuvre n'ont qu'un bois de cœur très réduit : un fût de 65 cm de diamètre n'a qu'un bois de cœur d'une dizaine de cm de diamètre ; les caractéristiques indiquées ci-dessous se rapportent par conséquent à l'aubier. Celui-ci est brun-gris pâle, avec un fil droit et un grain moyen. La densité à 12% d'humidité est d'environ 690 kg/m³. Le bois de cœur est brun foncé à violacé ; à 10% d'humidité, sa densité est d'environ 770 kg/m³. Le bois sèche à l'air lentement, avec une tendance modérée au tuilage, mais avec peu ou pas de fentes. En séchoir, la déformation est importante à moins d'employer des températures peu élevées. Des planches de 2,5 cm d'épaisseur sèchent à l'air en 2 mois, et en séchoir il faut une douzaine de jours. Le retrait de l'état vert à anhydre est de 3,2% dans le sens radial et 10,0% dans le sens tangentiel. A 12% d'humidité, le module de rup-

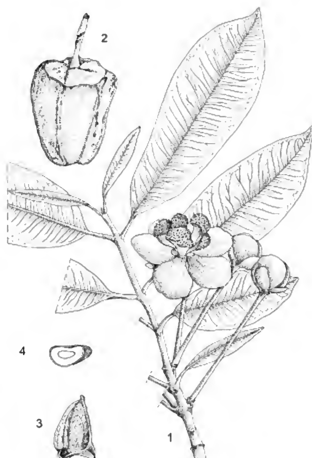
ture est de 73–99 N/mm², le module d'élasticité de 11 100–14 500 N/mm², la compression axiale de 39–51 N/mm², la compression transversale de 8 N/mm², le cisaillement de 8–9,5 N/mm², le fendage de 42 N/mm dans le sens radial et 44 N/mm dans le sens tangentiel, la dureté Janka de flanc de 3900–5600 N, et la dureté Janka en bout de 6600 N.

Le bois est difficile à scier lorsqu'il est vert, mais une fois sec il se scie et se travaille aisément. Il tient bien les clous. L'aubier n'est pas durable, mais il est perméable aux produits de préservation ; le bois de cœur est très rebelle à l'imprégnation.

On a isolé du bois des racines d'*Allanblackia stuhlmannii* de la guttiférone F, une benzophénone prénylée. Ce composé est apparenté à un groupe de composés qui ont été étudiés pour leurs propriétés anti-VIH.

Falsifications et succédanés La matière grasse des graines d'*Allanblackia floribunda* Oliv. d'Afrique centrale et d'*Allanblackia parviflora* A.Chev. d'Afrique de l'Ouest est très semblable en composition à celle d'*Allanblackia stuhlmannii*.

Description Arbre sempervirent, dioïque, de taille moyenne à assez grande atteignant 35(–45) m de haut ; fût rectiligne, cylindrique, à contreforts peu développés ; surface de l'écorce lisse ou rarement écailleuse à écailles carrées, gris foncé à noire, écorce interne rouge à brun pâle avec des bandes blanches, fibreuse à granuleuse, exsudant une sève claire virant plus tard au jaunâtre ; branches pendantes, creuses, ridées longitudinalement. Feuilles opposées, simples et entières ; pétiole de 1–2 cm de long ; limbe oblong à elliptique-oblong, de 5–20 cm × 1–7 cm, base cunéiforme, apex courtement acuminé, coriace, vert foncé, pennatinervé à nombreuses nervures latérales. Fleurs solitaires à l'aisselle des feuilles ou en groupes serrés à l'extrémité des rameaux, unisexuées, régulières, 5-mères, crème à rougeâtres, odorantes ; pédicelle de (3,5–)6,5–8 cm de long ; sépales orbiculaires à ovales, inégaux, les extérieurs de 4–9 mm de diamètre, les intérieurs d'environ 2 cm de diamètre, jaune pâle ; pétales orbiculaires à spatulés, de 27–37 mm × 18–26 mm, glabres ; fleurs mâles à nombreuses étamines groupées en 5 faisceaux épais et charnus opposés aux pétales, d'environ 2 cm de long, surface interne anguleuse, anthères disposées sur les 2 faces des faisceaux ; disque en forme d'étoile ; fleurs femelles à ovaire supère, incomplètement 5-loculaire, stigmate sessile, faisceaux staminaux réduits à quelques staminodes libres, d'environ 4 mm de long. Fruit : grosse baie oblongue à globuleuse ou conique de 16–34 cm × 15–17 cm, pesant 2,5–6 kg, brun-rouge, renfermant 60–140 graines. Graines quadrangulaires, d'environ 4 cm × 2–3 cm, un des angles portant un petit arille charnu ; embryon petit, entouré d'un albumen huileux. Plantule à germination hypogée.



Allanblackia stuhlmannii – 1, rameau avec fleurs mâles ; 2, fruit ; 3, graine ; 4, graine en section transversale.
Redessiné et adapté par Achmad Satiri Nurhaman

Autres données botaniques Le genre *Allanblackia* comprend une dizaine d'espèces, et est restreint à l'Afrique tropicale. *Allanblackia ulugurensis* Engl. est endémique de Tanzanie, où on le trouve dans les monts Udzungwa, Nguru et Uluguru, avec un prolongement dans la région d'Iringa, généralement sur des pentes plus raides et à des altitudes plus élevées qu'*Allanblackia stuhlmannii*. Il est employé pour les mêmes usages.

Croissance et développement Dans les conditions naturelles, les arbres commencent à fleurir à l'âge de 12 ans environ. La floraison se produit durant la petite saison des pluies en

novembre–février. La pollinisation est assurée par des insectes à langue courte, des oiseaux et des chauves-souris. Les fruits mettent plus d'un an pour mûrir, et sont mûrs en janvier–mars. D'autres sources indiquent que dans les monts Usambara orientaux, les fruits mûrissent deux fois par an, en novembre–mars et en août–octobre. Les rongeurs et les singes se nourrissent des fruits, et peuvent disperser les graines. La régénération naturelle est actuellement insuffisante pour maintenir les peuplements.

Ecologie *Allanblackia stuhlmannii* se rencontre sur les versants maritimes et les fonds de vallées dans les forêts sempervirentes submontagnardes et montagnardes à 800–1200(–1600) m d'altitude. La pluviométrie annuelle moyenne dans son milieu naturel est de 1100–2400 mm avec plus de 180 jours pluvieux. La température annuelle moyenne dans les monts Usambara orientaux est de 18°C, les températures maximales allant de 25°C à 35°C ; les minimales descendent occasionnellement jusqu'à 3°C. On le trouve sur des sols argileux généralement acides dérivés de roches granitiques, gneissiques et siliceuses. Les petits vestiges isolés de forêt dans les monts Udzungwa sont plus secs que le reste de son milieu. *Allanblackia stuhlmannii* est tolérant au feu.

Multiplication et plantation *Allanblackia stuhlmannii* peut être multiplié par graines, mais ses graines sont récalcitrantes. Il y a environ 100 graines par kg. Les fruits bien mûrs sont conservés pendant 2 semaines environ pour permettre à la pulpe de se ramollir et faciliter l'extraction des graines. Les fruits peuvent être gardés jusqu'à 3 mois en les couvrant de feuilles de bananier. Les graines propres sont semées en pépinière, où elles prennent environ 3 mois pour commencer à germer, mais la germination peut prendre plus de 7 mois pour démarrer, et encore 18 mois pour être complète. L'hormone GA_3 n'a aucun effet sur la germination. Après la germination, les semis sont transférés dans des tubes de polyéthylène emplis de terre. Des mycorhizes sont nécessaires pour une bonne croissance des semis, et il est par conséquent important d'ajouter au substrat de la terre prélevée au pied des arbres-mères.
Du fait que la multiplication par graines est difficile et qu'il est d'autre part très difficile de distinguer les arbres mâles et femelles avant qu'ils fleurissent, on cherche à mettre au point des méthodes de multiplication végétative. Celle-ci peut se réaliser par bouturage, marcottage ou greffage. Les boutures sont placées à quelques cm de profondeur dans le substrat à un angle de 45° dans des tubes de polyéthylène, en laissant au moins un nœud au-dessus de la surface. Les boutures prennent racine en 8–12 semaines, après quoi celles qui ont fait des pousses et des racines sont transférées dans des sachets de polyéthylène. Des méthodes de marcottage et de greffage sont à l'étude. Les premiers essais avec des semis naturels ont donné un bon taux de survie tant chez des agriculteurs qu'en essais.

Gestion Les arbres femelles sont souvent maintenus sur pied lors des défrichements agricoles, mais les plantations restent rares. On estime qu'il faut 1 arbre mâle pour 10 femelles pour assurer une pollinisation satisfaisante. L'ICRAF au Kenya étudie les possibilités de domestiquer cette espèce et de mettre au point des techniques appropriées de conduite. Une filière complète de commercialisation des graines est également développée.
Dans les réserves forestières des monts Usambara occidentaux, la densité des sujets d'*Allanblackia stuhlmannii* a été estimée à 2,0 tiges par ha pour toutes les classes de diamètre ; pour les arbres de plus de 80 cm de diamètre de fût, elle était de 0,2 arbre par ha.

Maladies et ravageurs En dehors des prédateurs des graines, on ne connaît pas de maladies ni de ravageurs.

Récolte Les fruits bien mûrs sont ramassés au sol. La maturité des fruits ne peut pas être estimée sur l'arbre.

Rendements Un arbre à maturité peut produire jusqu'à 150 fruits, soit 50 kg de matière grasse par an.

Traitement après récolte Les graines sont extraites des fruits en écrasant ceux-ci entre les mains et en frottant les graines pour les nettoyer. Les graines sont ensuite séchées pour éviter le développement de moisissures avant leur transport vers les centres d'achat, où elles sont classées par catégories. La matière grasse est extraite localement par des méthodes traditionnelles, ou bien on sèche les graines et on les vend aux usines d'extraction. Avec la méthode traditionnelle, les graines sont séchées et pilées, ensuite la masse résultante est mélangée d'eau et bouillie jusqu'à ce que la matière grasse se sépare et flotte à la surface, où on l'écope.

Ressources génétiques *Allanblackia stuhlmannii* et *Allanblackia ulugurensis* sont toutes deux inscrites sur la Liste rouge de l'UICN comme espèces vulnérables, en raison de leurs

aires de répartition peu étendues et très fragmentées, et de la dégradation de leurs milieux.

Sélection La sélection d'arbres à haut rendement en vue de leur multiplication végétative a démarré en Tanzanie.

Perspectives L'industrie alimentaire internationale s'intéresse activement à la domestication des espèces d'*Allanblackia*. *Allanblackia stuhlmannii* est plus facile à multiplier par graines que les autres espèces d'*Allanblackia* à gros fruits testées, et sa culture est encouragée en Tanzanie. Si l'on peut mettre au point de bonnes techniques de production, et mettre en place des structures de commercialisation efficaces, cette culture pourrait devenir une nouvelle spéculation importante dans les régions équatoriales humides submontagnardes et montagnardes. Son utilisation comme source de bois d'œuvre à partir des peuplements naturels doit être proscrite, étant donné que l'espèce est déjà vulnérable.

Références principales Bamps, Robson & Verdcourt, 1978; Elinge & Ndayishimiye, 2003; Hamilton & Bensted-Smith (Editors), 1989; Lovett & Clarke, 1998; Lovett et al., 2006; Mbuya et al., 1994; Meshack, 2004; Ndemu, 2002; Schulman et al., 1998; Takahashi, 1978.

Autres références Bolza & Keating, 1972; Bryce, 1967; Eckey, 1954; Fuller et al., 1999; Kokwaro, 1993; Maagi, Mkude & Mlowe, 1979; Neuwinger, 2000; Ruffo, Birnie & Tengnäs, 2002.

Sources de l'illustration Bamps, Robson & Verdcourt, 1978; Ruffo, Birnie & Tengnäs, 2002.

Auteurs L. Mwaura & M. Munjuga

ARACHIS HYPOGAEA L.

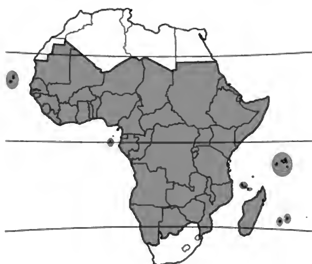
Protologue Sp. pl. 2: 741 (1753).

Famille Papilionaceae (Leguminosae - Papilionoideae, Fabaceae)

Nombre de chromosomes $2n = 40$

Noms vernaculaires Arachide, cacahuète, cacahouète, pistache de terre (Fr). Groundnut, peanut, earthnut, monkey nut (En). Amendoim, mandobi, caranga (Po). Mjugu nyasa, mnjugu nyasa, karanga (Sw).

Origine et répartition géographique L'arachide est originaire du sud de la Bolivie et du nord-ouest de l'Argentine. C'est une ancienne espèce cultivée du Nouveau Monde, cultivée largement dans le Mexique, l'Amérique centrale et l'Amérique du Sud à l'époque précolombienne. L'arachide domestiquée avait déjà



Arachis hypogaea – planté

évolué en plusieurs types avant son introduction dans l'Ancien Monde par des explorateurs espagnols et portugais. Des types à deux graines originaires du Brésil ont été introduits en Afrique de l'Ouest, et des types à trois graines originaires du Pérou se sont diffusés de la côte ouest de l'Amérique du Sud vers les Philippines, d'où ils ont gagné le Japon, la Chine, l'Indonésie, la Malaisie, l'Inde, Madagascar et l'Afrique de l'Est. A la fin du XVIIIe siècle, des types "Spanish" ont été introduits du Brésil en Europe. La première introduction réussie en Amérique du Nord a été celle d'un type prostré à petites graines, probablement originaire du nord du Brésil ou des Antilles. De nos jours, l'arachide est cultivée dans la plupart des pays tropicaux, subtropicaux et tempérés situés entre 40°N et 40°S. Produite dans toute l'Afrique tropicale, c'est une très importante culture de rente au Sénégal, en Gambie, au Nigeria et au Soudan.

Usages Les graines d'arachide s'emploient essentiellement dans l'alimentation et pour l'extraction d'huile. Elles se consomment crues, cuites à l'eau ou grillées ; on en fait du beurre de cacahuète, des confiseries et des amuse-gueule, et elles servent à épaissir les soupes ou à confectionner des sauces qui accompagnent la viande et le riz. Au nord du Nigeria, la farine d'arachide, mélangée à du "gari" (farine grossière fermentée de manioc), sert à faire des boulettes qui se mangent sur le pouce. Aux Etats-Unis et en Argentine, la production est surtout destinée à l'alimentation directe, tandis que dans la plupart des autres pays, l'usage principal de l'arachide réside dans la commercialisation de l'huile. Au niveau mondial, plus

de 50% de la production d'arachide est broyée pour produire de l'huile destinée à la consommation humaine ou à des usages industriels (par ex. en cosmétologie). Dans des pays comme le Sénégal, la Gambie et le Nigeria, pendant des années, l'extraction d'huile a constitué une occupation artisanale importante. L'emploi de l'arachide en confiserie et pour la production d'huile et de farine est en augmentation, mais l'usage de l'huile et de la farine est peu à peu délaissé au profit de la confiserie, en Amérique latine et aux Caraïbes notamment. En Amérique du Sud, on fait fermenter les graines pour en obtenir des boissons alcoolisées.

Le tourteau qui résulte de l'extraction d'huile constitue un aliment du bétail riche en protéines, mais on en fait aussi une farine utilisée dans de nombreux aliments destinés aux humains. Le tourteau fermenté se consomme frit en Indonésie. Il trouve une application industrielle dans la production de colles, d'apprêts pour le papier et d'amidons destinés à la blanchisserie et à la fabrication de textiles. La protéine du tourteau d'arachide est transformée en une fibre qui ressemble à la laine et qui peut être mélangée à la laine ou la rayonne. Les coques d'arachide apportent des fibres dans les aliments du bétail, et servent de combustible, d'engrais et de paillage ; on en fait des planches d'aggloméré et des briques, et elles peuvent fournir du charbon actif, des gaz combustibles, des substances chimiques organiques, de sucres réducteurs, de l'alcool et des résines de charge.

A l'état jeune, les gousses et les feuilles d'arachide se consomment en légume ; en Afrique de l'Ouest, on ajoute les feuilles aux soupes. Le feuillage est un fourrage important, particulièrement au Sahel ; il peut se consommer frais, en foin ou ensilé. Dans le sud de l'Inde, les fanes sont parfois utilisées comme engrais vert.

L'arachide a toutes sortes d'usages en médecine traditionnelle africaine. Des extraits de gousses se prennent comme galactagogue, et sous forme de gouttes dans l'œil pour traiter la conjonctivite. Des macérations de graines décortiquées se boivent pour traiter la blennorragie, tandis que les macérations de téguments sont employées contre la syphilis et que les macérations de téguments et de coques s'appliquent contre l'ophtalmie. Le jus des feuilles et des graines broyées s'administre en goutte dans l'oreille contre les écoulements auriculaires. Des macérations de feuilles se boivent comme diurétique. Des infusions de feuilles se boivent contre la stérilité féminine et en gouttes dans les yeux pour traiter les blessures oculaires et la cataracte. La cendre de plante mêlée à du sel s'applique sur les caries. De jeunes plantes et des extraits de gousses ont la réputation d'avoir des vertus aphrodisiaques. La plante sert également à soulager la toux et on lui prête des vertus émollientes et adoucissantes ; on en prend des émulsions pour traiter la pleurésie, l'entérite (y compris la colique), et la dysurie.

Les agglutinines (lectines) tirées des graines d'arachide servent souvent dans la recherche médicale pour procéder à des investigations histochimiques.

Production et commerce international

D'après les statistiques de la FAO, la moyenne de la production mondiale d'arachide en gousses en 1999–2003 avoisinait 34,4 millions de t/an sur 24,4 millions d'ha. Les principaux pays producteurs sont la Chine (14,0 millions de t/an en 1999–2003, sur 4,9 millions d'ha), l'Inde (6,1 millions de t/an sur 6,7 millions d'ha), le Nigeria (2,8 millions de t/an sur 2,7 millions d'ha), les Etats-Unis (1,7 million de t/an sur 0,5 million d'ha), l'Indonésie (1,3 million de t/an sur 0,7 million d'ha) et le Soudan (1,1 million de t/an sur 1,7 million d'ha). La production totale en Afrique subsaharienne était de 8,2 millions de t/an sur 9,5 millions d'ha.

La moyenne des exportations mondiales de graines d'arachide s'est chiffrée à 1,1 million de t/an en 1998–2002. Les principaux exportateurs étaient la Chine (321 000 t/an), l'Argentine (201 000 t/an) et les Etats-Unis (171 000 t/an). Les exportations de graines d'arachide provenant d'Afrique subsaharienne atteignaient 64 000 t/an, la Gambie étant l'exportateur principal (26 000 t/an). Quant aux gousses d'arachide, la moyenne mondiale des exportations en 1998–2002 n'était que de 176 000 t/an, la Chine étant l'exportateur principal (73 000 t/an). Les exportations de gousses d'arachide d'Afrique subsaharienne étaient négligeables.

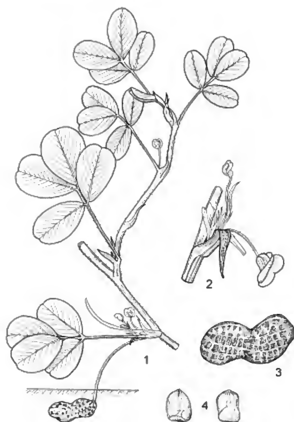
Pour l'huile d'arachide, la production mondiale en 1999–2003 était de 5,1 millions de t/an. Les principaux producteurs étaient la Chine (2,0 millions de t/an), l'Inde (1,4 million de t/an), le Nigeria (480 000 t/an), le Sénégal (178 000 t/an) et le Soudan (162 000 t/an). La production en Afrique subsaharienne était de 1,2 million de t/an. La production mondiale de tourteau d'arachide en 1999–2003 était de 6,9 millions de t/an, venant principalement de Chine (2,6 millions de t/an), d'Inde (1,9 million de t/an) et

du Nigeria (750 000 t/an). La production en Afrique subsaharienne était de 1,6 million de t/an.
La moyenne des exportations d'huile d'arachide en 1998–2002 s'est chiffrée à 271 000 t/an, les principaux exportateurs étant le Sénégal (83 000 t/an) et l'Argentine (69 000 t/an). Le volume total d'huile exporté par l'Afrique subsaharienne était de 114 000 t/an. Les principaux importateurs étaient la France (68 000 t/an), l'Italie (46 000 t/an) et les Etats-Unis (25 000 t/an). La moyenne des exportations de tourteau s'est chiffrée à 280 000 t/an. Les principaux exportateurs étaient le Sénégal (103 000 t/an), l'Argentine (51 000 t/an), l'Inde (43 000 t/an) et le Soudan (35 000 t/an). Les exportations totales de tourteau d'arachide d'Afrique subsaharienne étaient de 143 000 t/an. Les principaux importateurs étaient la France (129 000 t/an) et la Thaïlande (53 000 t/an).

Propriétés Les graines mûres d'arachide contiennent, par 100 g de partie comestible (moyenne de plusieurs types, qui ne font apparaître que peu de différence) : eau 6,5 g, énergie 2374 kJ (567 kcal), protéines 25,8 g, lipides 49,2 g, glucides 16,1 g, fibres alimentaires 8,5 g, Ca 92 mg, Mg 168 mg, P 376 mg, Fe 4,6 mg, Zn 3,3 mg, vitamine A 0 UI, thiamine 0,64 mg, riboflavine 0,14 mg, niacine 12,1 mg, vitamine B_6 0,35 mg, folates 240 µg et acide ascorbique 0 mg. La composition en acides aminés essentiels, par 100 g de partie comestible, est : tryptophane 250 mg, lysine 926 mg, méthionine 317 mg, phénylalanine 1337 mg, thréonine 883 mg, valine 1082 mg, leucine 1672 mg et isoleucine 907 mg. Les principaux acides gras, par 100 g de partie comestible, sont : acide oléique 23,7 g, acide linoléique 15,6 g et acide palmitique 5,2 g (USDA, 2004).
Les graines d'arachide donnent 42–56% d'huile. Cette huile contient 36–72% d'acide oléique, 13–48% d'acide linoléique et 6–20% d'acide palmitique. La proportion entre l'acide oléique et l'acide linoléique a une incidence importante sur la stabilité de l'huile ; plus cette proportion est élevée, plus l'huile est stable et plus longue est sa durée de conservation. Ce ratio peut varier de 1,0 à plus de 3,0 dans les graines mûres ; s'il est supérieur à 1,3, il est généralement considéré comme satisfaisant par les transformateurs. Le tourteau contient 40–50% de protéines facilement assimilables, 20–25% de glucides et 5–15% d'huile résiduelle.
Les gousses d'arachide ont une épaisse coque ligneuse et contiennent d'ordinaire 2–3 graines. Le tégument représente environ 4–5% du poids des graines, les cotylédons 90–94% et le germe 3–4%. Les composants principaux du tégument sont des glucides, de la cellulose et des protéines. L'huile et les protéines sont les principaux éléments constitutifs du germe et des cotylédons. Le germe est associé à des composants amers.
Un important problème de la production d'arachide est la contamination à l'aflatoxine par les champignons du genre *Aspergillus*. L'aflatoxine a des effets immunosuppresseurs et des travaux d'épidémiologie ont montré, en Afrique également, qu'il existe une corrélation positive entre l'absorption d'aflatoxine et les cas de cancer du foie. Après extraction industrielle de l'huile, l'aflatoxine subsiste dans le tourteau, et l'huile raffinée en est exempte ; mais dans le cas d'une extraction à petite échelle, l'huile non raffinée peut être contaminée. L'arachide fait partie des aliments les plus allergènes que l'on connaisse et il peut provoquer des réactions anaphylactiques. Les graines d'arachide contiennent un facteur hémostatique qui peut servir dans les cas d'hémophilie. L'huile est modérément laxative.

Falsifications et succédanés L'huile d'arachide peut être remplacée par d'autres huiles végétales, comme l'huile de maïs, de soja ou de tournesol.

Description Plante herbacée annuelle, à tige érigée ou prostrée atteignant 70 cm de long ; système racinaire constitué d'une racine pivotante bien développée à nombreuses racines latérales s'enfonçant jusqu'à 135 cm de profondeur, mais cantonnées généralement aux couches superficielles du sol. Feuilles disposées en spirale, 4-foliolées à deux paires de folioles opposées ; stipules de 1,5–4 cm de long, pourvues d'une mince extrémité libre, mais rattachées au pétiole sur la moitié de leur longueur ; pétiole de 1,5–7 cm de long ; pétiolules de 1–2 mm de long ; folioles obovales ou elliptiques, de 1–7 cm × 0,5–3 cm, cunéiformes-arrondies à la base, arrondies ou émarginées et mucronées à l'apex. Inflorescence : épi axillaire, à 2–5 fleurs. Fleurs bisexuées, papilionacées, sessiles ; réceptacle long et mince, ayant l'apparence d'un pédicelle, atteignant 4 cm de long ; calice à 4 lobes supérieurs soudés, lobe inférieur libre ; corolle jaune pâle à rouge orangé, rarement blanche, étendard arrondi, d'environ 1,5 cm × 1,5 cm, ailes plus courtes, carène incurvée ; étamines (8–)10, tantôt à petites anthères globuleuses tantôt à anthères plus grosses et oblongues, soudées à la base ; ovaire supère mais situé à la base du tube du réceptacle,



Arachis hypogaea – 1, rameau en fleurs et en fruits ; 2, inflorescence ; 3, fruit ; 4, graines. Source: PROSEA

style libre à l'intérieur du tube, très long, terminé par un minuscule stigmate en massue. Fruit : gousse de 1–8 cm × 0,5–2 cm, oblongue ou en forme de saucisse, portée à l'extrémité d'un pédoncule allongé (carpophore) qui atteint 20 cm de long, à surface diversement étranglée entre les graines et à nervures réticulées, à 1–6 graines. Graines cylindriques à ovoïdes, de 1–2 cm × 0,5–1 cm, à extrémités pointues ou aplaties, enfermées dans un mince tégument papyracé dont la couleur va du blanc au violet foncé. Plantule à germination épigée ; cotylédons épais et charnus.

Autres données botaniques Le genre *Arachis* comprend environ 70 espèces, toutes réparties en Amérique du Sud. Le centre d'origine d'*Arachis* est la région du Mato Grosso, au Brésil. *Arachis hypogaea* est de loin l'espèce la plus importante du genre sur le plan économique, mais plusieurs autres espèces ont été cultivées pour leurs graines, notamment *Arachis villosulicarpa* Hoehne et *Arachis stenosperma* Krapov. & W.C. Greg.

Des niveaux importants de résistance à de nombreuses maladies et ravageurs de l'arachide ont été trouvés chez d'autres espèces d'*Arachis*. Nombre de ces espèces sont étroitement apparentées à l'arachide ; parmi elles, on trouve les 26 espèces qui constituent la section *Arachis* avec *Arachis hypogaea*. Plusieurs espèces diploïdes ont été suggérées comme progéniteurs sauvages de l'arachide, mais des études moléculaires et cytogénétiques indiquent que *Arachis duranensis* Krapov. & W.C. Greg. et *Arachis ipaensis* Krapov. & W.C. Greg. sont les espèces les plus proches des progéniteurs de l'arachide domestiquée, qui est allotétraploïde. *Arachis monticola* Krapov. & Rigoni est la seule autre espèce tétraploïde de cette section ; très proche d'*Arachis hypogaea*, elle peut être la descendante directe de l'hybride originel entre les deux espèces de progéniteurs diploïdes.

Des hybrides entre *Arachis hypogaea* et d'autres *Arachis* ont été produits par hybridation directe, et en créant d'abord des autotétraploïdes ou des allotétraploides issus des espèces diploïdes, avant de réaliser les croisements. Les hybrides présentent des niveaux de stérilité élevés, dus à des différences dans les niveaux de ploïdie et à une incompatibilité des génomes.

Il existe une variabilité considérable chez *Arachis hypogaea*, et on a distingué deux sous-espèces : subsp. *hypogaea* et subsp. *fastigiata* Waldron. La subsp. *hypogaea* (type prostré) se caractérise par un port prostré, sans rameaux floraux sur la tige principale, et avec des rameaux latéraux cotylédonaires qui portent des paires alternées de rameaux secondaires végétatifs et floraux ; elle a habituellement un cycle long. Elle comprend les types d'arachide "Virginia". La subsp. *fastigiata* (type érigé) se caractérise par un port érigé avec des rameaux floraux sur la tige principale, et des rameaux végétatifs et floraux n'alternant pas régulièrement ; et elle a un cycle court. Elle comprend les types "Spanish" et "Valencia".

La plupart des cultivars d'arachide produits en Afrique de l'Ouest appartiennent à la subsp. *hypogaea* ; et la plupart de ceux que l'on trouve en Afrique de l'Est à la subsp. *fastigiata*. La subsp. *hypogaea* est surtout une arachide de bouche tandis que la subsp. *fastigiata*, qui a une plus forte teneur en huile, est surtout utilisée comme oléagineux.

Croissance et développement Les graines des types "Virginia" ont une dormance de 1–3 mois, alors que les types "Spanish" et "Valencia" ne sont pas dormants. La température optimale du sol pour la germination des graines est de 25–30°C. Les températures basses retardent la germination et le développement

et augmentent le risque de maladies des semis. Lors de la germination, la racine primaire s'allonge rapidement, atteignant 10–12 cm avant que les racines latérales n'apparaissent. Au fur et à mesure de la croissance, la couche externe de la racine primaire se détache, ce qui empêche les poils racinaires de se former. La ramification est dimorphique, présentant des rameaux végétatifs et des rameaux floraux réduits. Des rameaux secondaires et tertiaires peuvent se développer à partir des rameaux végétatifs primaires. La floraison peut débuter dès 20 jours après le semis, mais le fait plus couramment à 30–40 jours. Le nombre de fleurs produites chaque jour diminue au fur et à mesure que les graines mûrissent. Jusqu'à 50% des embryons peuvent avorter même dans des conditions de milieu idéales, mais ce pourcentage s'élève nettement en période de sécheresse ou d'autres stress écologiques. Cependant, les plantes peuvent produire une seconde récolte de graines si elles disposent encore d'assez d'humidité. L'arachide est autogame, mais il peut y avoir des allofécondations lorsque les abeilles pollinisent les fleurs. Si l'arachide produit généralement plus de fleurs en conditions de jours longs, son efficacité reproductive est meilleure par jours courts. Dans une inflorescence, les fleurs ne s'ouvrent qu'à raison d'une à la fois. Après l'anthèse, elles se flétrissent en moins de 24 heures. La fécondation intervient généralement dans les 6 heures qui suivent la pollinisation, lorsque la partie basale de l'ovaire commence à s'allonger pour former le carpophore. L'embryon amorce une phase de croissance jusqu'à atteindre un stade à 8–16 cellules. Il entre ensuite dans une période de quiescence au cours des 5–15 jours dont a besoin le carpophore pour pénétrer dans le sol. Une fois en terre, le carpophore cesse de s'allonger un ou deux jours après et l'embryon reprend alors sa croissance. Chez les espèces sauvages d'*Arachis*, le carpophore peut continuer à croître jusqu'à atteindre une longueur de près de 2 m.

Les graines des cultivars du type "Spanish" mûrissent d'habitude en 90–120 jours après le semis, tandis que les cultivars du type "Virginia" mettent au moins 130 jours. Des gousses de même taille peuvent présenter des différences significatives en termes de maturité et de poids des graines.

D'habitude, la nodulation de l'arachide est réalisée efficacement avec des bactéries fixatrices d'azote *Bradyrhizobium*. Du fait de l'absence de poils racinaires, les bactéries infectent la racine par des fissures dans l'épiderme à proximité de poils multicellulaires situés à la base de la racine.

Ecologie La moyenne journalière optimale de températures pour la croissance de l'arachide est de 27–30°C ; la croissance s'arrête lorsque les températures tombent en dessous de 15°C. L'arachide est cultivée principalement dans les régions où la pluviométrie annuelle moyenne est de 500–1000 mm ; des précipitations de 500–600 mm, bien réparties sur toute la saison de croissance, permettent une production satisfaisante. Cependant, l'arachide est tolérante à la sécheresse et peut supporter un important manque d'eau, mais cela fait chuter son rendement. La maturation et la récolte exigent une période sans pluie. La phénologie de l'arachide est déterminée avant tout par les températures, qui lorsqu'elles sont fraîches retardent la floraison. En milieu contrôlé, on a démontré que la photopériode avait une influence sur la proportion de fleurs produisant des gousses et sur la distribution des assimilats entre les structures végétatives et reproductives (indice de récolte) chez certains cultivars. Des photopériodes longues (supérieures à 14 heures) augmentent généralement la croissance végétative tandis que les photopériodes courtes (inférieures à 10 heures) augmentent la croissance reproductive. L'arachide peut être cultivée jusqu'à 1500 m d'altitude.

Les meilleurs sols à arachide sont des limons sableux profonds (d'au moins 30–40 cm), friables, bien drainés, bien approvisionnés en calcium, ainsi qu'en matière organique mais en quantité modérée. Il importe de maintenir le pH à un niveau quasi neutre et le rapport Ca:K en dessous de 3.

Multiplication et plantation L'arachide se multiplie par graines, mais la multiplication végétative par bouturage est possible. Le poids de 1000 graines va de 150 à plus de 1300 g. Il est essentiel pour que la culture s'établisse correctement de semer des semences de haute qualité dans un lit de semis bien travaillé et bien humide. Les graines d'arachide s'enfouissent souvent à 4–7 cm de profondeur, à raison de 60–80 kg/ha. Les gousses destinées à produire des semences sont souvent décortiquées à la main 1–2 semaines avant le semis. On ne choisit que les gousses complètement mûres. Avant semis, on peut traiter les graines avec un fongicide pour prévenir les maladies des semis. En général, un semis précoce améliore les rendements et la qualité des graines. De plus, les cultures semées tôt courent moins de

risques de souffrir de maladies telles que le virus de la rosette. Toutefois, la bonne date de semis dépend de la longueur du cycle du cultivar. Les types "Spanish", à petites graines, sont espacés de 60–75 cm entre les lignes et de 10 cm sur la ligne. Cela donne un peuplement optimal de 133 000–167 000 pieds à l'ha. Pour les types "Virginia", à grosses graines, l'espacement est de 75 cm entre les lignes et de 15 cm sur la ligne, ce qui donne un peuplement optimal de 89 000 pieds à l'ha. La culture de l'arachide peut être pratiquée à plat, ou sur billons comme c'est souvent le cas au Malawi. Sur billons, l'arachide tend à donner des rendements plus élevés, sans doute parce qu'il y a davantage de sol meuble, ce qui favorise le développement des gousses et facilite leur arrachage.

En Afrique tropicale, l'arachide se cultive seule ou en association entre des lignes de céréales telles que maïs, sorgho ou mil.

Gestion L'arachide ne concurrence pas bien les adventices, surtout au début de son développement. Il faut désherber à fond au cours des premiers 45 jours. Une fois que le carpophore commence à se développer, on pratique un minimum de buttage. A ce stade, les mauvaises herbes sont arrachées à la main. On peut avoir recours à des herbicides en pré- et post-levée pour éradiquer les adventices, mais pour la plupart des paysans d'Afrique ils sont trop coûteux. Dans les bons systèmes de rotation, l'arachide bénéficie de la fertilité résiduelle : en effet, on ne redonne en général pas d'engrais si on a semé sur une terre correctement cultivée et déjà traitée avec un engrais équilibré. Mais pour s'assurer que la culture s'établisse bien, qu'elle donne un rendement élevé et des graines de bonne qualité, il faut épandre un engrais contenant du Ca, comme du gypse ou du superphosphate simple. Le calcium est absorbé directement par les gousses s'il y a suffisamment d'humidité dans le sol. Un déficit en Ca à l'endroit où elles se développent donne des gousses vides, surtout chez les cultivars du type "Virginia". L'arachide est habituellement une culture pluviale, mais au Soudan, elle se pratique sous irrigation.

De préférence, il faut éviter de cultiver l'arachide plus d'une fois sur le même terrain dans une période de trois ans pour limiter les dégâts causés par les maladies propagées par le sol, les nématodes et les adventices. Adaptée à toutes sortes de rotations, elle peut suivre n'importe quelle culture bien nettoyée, comme le maïs, le sorgho, le mil, le manioc, la patate douce ou le tournesol. Afin de réduire les cas de maladies et de ravageurs, l'arachide ne doit pas être semée après le coton ou le tabac. Elle réussit bien sur les terres vierges ou immédiatement à la suite d'une culture prairiale ou d'une espèce bien fertilisée comme le maïs.

L'intensité des soins qu'elle reçoit, extrêmement variable d'une région du monde à l'autre, dépend de son rendement économique ou du rôle que joue l'arachide dans le système agricole. Aux Etats-Unis, en Australie et dans certaines régions d'Amérique du Sud, l'arachide est une culture intensive pratiquée généralement avec beaucoup d'intrants mécaniques et chimiques. Dans de nombreux pays, l'arachide est une culture de rente destinée surtout à l'export.

Maladies et ravageurs L'arachide est sensible à un grand nombre de maladies, telles que la cercosporose précoce (*Cercospora arachidicola*), la cercosporose tardive (*Cercosporidium personatum*, synonyme : *Cercospora personata*), la rouille (*Puccinia arachidis*), la rosette de l'arachide (provoquée par un complexe de 3 agents : le virus de la rosette de l'arachide (GRV), le virus assisteur de la rosette de l'arachide (GRAV), et un ARN satellite) et la contamination à l'aflatoxine provoquée par les champignons *Aspergillus*. Les maladies foliaires de l'arachide figurent parmi les plus importants facteurs limitants du rendement en production arachidière. Les cercosporoses précoce et tardive combinées à la rouille peuvent entraîner des pertes de rendement atteignant 70% ; même lorsqu'on emploie des fongicides, il y a quand même des réductions significatives de rendement. Un traitement fongicide à l'apparition de la maladie constitue un moyen de lutte efficace contre ces deux cercosporoses. Un poudrage des feuilles au soufre, en début de matinée lorsqu'il y a encore de la rosée, serait efficace aussi bien contre la cercosporose précoce que la cercosporose tardive. On a aussi observé que le recours au soufre augmentait le maintien des feuilles sur la plante, augmentant ainsi la quantité de tiges feuillées disponibles pour l'alimentation du bétail. Parmi les pratiques culturales pour lutter contre les cercosporoses, on peut citer la rotation des cultures et le brûlage des résidus de culture. Des cultivars offrant une résistance partielle aux cercosporoses ont été mis au point. La rouille apparaît en général de façon sporadique et sans gravité, mais elle peut tout de même entraîner jusqu'à 40% de pertes lorsqu'une infestation se déclare. Les pratiques culturales et les mesures de lutte

fongicide conseillées pour les cercosporoses s'appliquent aussi à la rouille. Des cultivars résistants sont disponibles. Le virus de la rosette, transmise par le puceron *Aphis craccivora*, est endémique de l'Afrique subsaharienne et très répandu au Ghana, au Nigeria, au Malawi et en Zambie. C'est la maladie la plus destructrice de l'arachide, puisqu'elle conduit à des pertes de rendement de 30–100%. Un semis précoce à densité de plantation élevée empêche la propagation de la rosette en procurant au sol un couvert végétal complet le plus tôt possible, ce qui limite le déplacement des pucerons. On cultive couramment des cultivars résistants à la rosette en Afrique. Au Malawi, une pratique courante des paysans est d'intercaler l'arachide et le niébé pour lutter contre la rosette. Les champignons *Aspergillus* peuvent envahir les gousses et les graines d'arachide et produire les substances toxiques connues sous le nom d'aflatoxines. Le produit contaminé, parfois toxique pour les humains et le bétail, ne peut être exporté. La contamination à l'aflatoxine affecte aussi les semences, et entraîne un faible taux de germination et un médiocre établissement des semis. Elle peut se produire avant la récolte, lors du séchage au champ et en séchoir, ainsi que lors du stockage. La contamination avant récolte peut être très importante en cas de sécheresse. La contamination après récolte se produit si les gousses ou les graines s'humidifient ou s'abîment. On a recours à diverses méthodes pour combattre l'aflatoxine. Il s'agit notamment d'éviter que les outils endommagent les gousses ou les graines lors du désherbage, de la récolte et du stockage, de récolter dès que les gousses sont mûres, de procéder correctement au séchage au champ et au séchoir, et de conserver en coques à basse température à l'abri de l'humidité.

Les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) peuvent quant à eux provoquer des pertes considérables de rendement chez l'arachide ; on peut lutter contre eux en pratiquant la rotation des cultures.

A l'échelle mondiale, les insectes ravageurs les plus importants sont notamment des pucerons (*Aphis craccivora*), des thrips (*Frankliniella* spp.), des cicadelles (*Empoasca dolichi* et *Hilda patruelis*), des vers blancs (larves de différents coléoptères) et des termites (surtout *Microtermes* sp.). Les ténébrions et les mille-pattes semblent moins fréquents. En général, les ravageurs du sol sont responsables de dégâts plus importants que les insectes suceurs ou phyllophages. Toutefois, les pucerons sont particulièrement nuisibles car ce sont eux qui transmettent le virus de la rosette. En Asie et en Afrique, les vers blancs, les termites, les mille-pattes, et les fourmis sont d'importants ravageurs ; aux Etats-Unis la petite pyrale du maïs (*Elasmopalpus lignosellus*) et la chrysomèle des racines du maïs (*Diabrotica undecimpunctata*) sont les principaux insectes ravageurs de l'arachide. Parmi les ravageurs qui s'attaquent aux gousses et aux graines stockées figurent des bruches (*Caryedon serratus, Callosobruchus* spp., *Acanthoscelides* spp.) et des vers de la farine (*Tribolium* spp.).

On a observé enfin que des plantes parasites (*Alectra vogelii* Benth. et *Striga* spp.) provoquaient des dégâts à l'arachide dans différents pays africains.

Récolte Le modèle de floraison indéterminé de l'arachide rend difficile la prévision de la date de récolte, pourtant d'autant plus cruciale que le rendement et la qualité en dépendent. Une récolte effectuée au bon moment garantit qu'un maximum de gousses ait atteint le poids le plus élevé et évite qu'elles ne tombent. Il existe des méthodes pour déterminer le meilleur moment pour récolter l'arachide, mais certaines dépendent des conditions de milieu ou bien leur coût est prohibitif. A l'heure actuelle, seules les méthodes de l'écossage et du grattage de la gousse sont couramment utilisées pour déterminer la maturité de l'arachide. La méthode de l'écossage s'appuie sur des changements de couleur à l'intérieur de la paroi de la gousse (coque) qui surviennent au cours de la maturation de la gousse. Chez la plupart des cultivars, la surface interne de la paroi de la gousse, d'abord blanche, se couvre en grande partie de taches brunes ou noires. Au même moment, la couleur du tégument de la graine passe du blanc au rose foncé ou au marron. On prélève un échantillon de plantes et on ouvre les gousses. On détermine le pourcentage de gousses dont l'intérieur de la paroi est de couleur foncée. Il faut commencer à récolter lorsqu'on atteint 60–80%, mais les préconisations diffèrent. La méthode de l'écossage est employée partout parce qu'on peut la mettre en œuvre au champ sans manipuler davantage les gousses, qu'elle ne demande aucun outillage et qu'elle apporte une réponse immédiate. La méthode du grattage de la gousse, mise au point au début des années 1990, est aujourd'hui acceptée comme le moyen le plus fiable pour évaluer la maturité des types prostrés. Elle repose sur le fait que le mésocarpe de la cosse (zone située juste en dessous de la cou-

che externe brun pâle de la cosse) passe successivement du blanc au jaune, puis à l'orange, au brun et au noir au cours de la maturation. Il faut disposer de référentiels de couleurs et d'un couteau de poche pour gratter la surface de la cosse.
Dans la plupart des pays africains, ainsi qu'en Asie, la récolte est effectuée manuellement. Aux Etats-Unis, la récolte se fait normalement à l'aide d'une machine qui soulève, secoue et retourne les plantes. Lorsqu'on récolte à la main, on dégage les plantes à la houe, on les arrache, puis on les retourne afin d'exposer les gousses au soleil pour faciliter leur séchage. Une fois sèches, on arrache les gousses des plantes. Avec les moissonneuses mécaniques, les plantes sont soulevées proprement du sol et déposées retournées en andains. Les gousses doivent rester en andains jusqu'à ce que l'humidité soit de 18–24% en moyenne. Elles sont ensuite ramassées à l'aide d'une moissonneuse-batteuse. Les précipitations pendant l'andainage peuvent favoriser le développement de moisissures qui réduisent la qualité des graines pour la transformation.

Rendements En Afrique tropicale, le rendement moyen en gousses d'arachide au début des années 2000 avoisinait les 850 kg/ha, chiffre à peine supérieur à la moyenne de rendement des années 1970 (730 kg/ha). La moyenne des rendements en gousses dans les pays d'Afrique tropicale va de 300–1000 kg/ha. La moyenne mondiale quant à elle a augmenté, passant de 0,9 t/ha de gousses dans les années 1970 à 1,4 t/ha au début des années 2000. Avec de bonnes pratiques culturales et des moyens de lutte appropriés contre les maladies, on peut arriver à des rendements atteignant 5 t/ha. En moyenne, 100 kg de gousses produisent 70 kg de graines, contenant 35 kg d'huile.

Traitement après récolte La qualité du produit est étroitement liée à la date et à la méthode de récolte ainsi qu'au séchage ; chaque étape est décisive pour obtenir cette qualité ou la maintenir. On fait sécher les gousses d'arachide jusqu'à ce qu'elles ne contiennent plus que 10% d'humidité environ. Se débarrasser des impuretés tôt aide à maintenir la qualité au cours du stockage. Du matériel de nettoyage destiné à l'élimination de ces impuretés a été mis au point, et fait appel à des cribles ou des grilles à bande.
Le stockage des gousses se fait au grenier, en bidons, en bacs, en silos de béton, dans des entrepôts ou à l'air libre. Lors du stockage, la ventilation est déterminante pour empêcher l'accumulation d'humidité susceptible de favoriser le développement de moisissures et la production d'aflatoxine. Les excès de chaleur doivent être évités. Les sites de stockage doivent être fréquemment inspectés pour vérifier qu'il n'y a pas d'humidité ou d'insectes, ceux-ci pouvant entraîner une forte baisse de la qualité. Les graines peuvent être protégées des dégâts mécaniques en les conservant et en les transportant en gousses. Dans de nombreuses régions, l'arachide n'est décortiquée que lorsqu'elle est sur le point d'être utilisée ou vendue ; sur les marchés locaux, ce sont surtout des gousses entières qui sont proposées à la vente. Le décorticage mécanique et le décorticage manuel sont aussi courants l'un que l'autre.
Depuis le lieu de stockage, les arachides sont transportées à des centres de décorticage où les gousses sont calibrées, nettoyées et décortiquées, puis les graines sont séparées selon leur calibre commercial. Le décorticage peut endommager les graines. 100 kg de gousses produisent 60–80 kg de graines. La plupart du temps, les graines d'arachide se conservent un an à 1–5°C et à 50–70% d'humidité relative sans perte de qualité. Elles ont tendance à absorber les gaz et les goûts étrangers, ce qui est à éviter.
L'extraction d'huile se fait par pression-extraction, par pression hydraulique, par extraction par solvant, ou une combinaison de ces méthodes. Mais c'est la pression-extraction qui est la plus courante.

Ressources génétiques L'Institut international de recherche sur les plantes cultivées des zones tropicales semi-arides (ICRISAT) de Patancheru, en Inde, détient la collection la plus importante de types d'arachide, avec plus de 15 000 entrées, qui diffèrent par leur nombreux caractères végétatifs, reproductifs, physiologiques et biochimiques, dont la réaction aux stress biotiques et abiotiques. Un double de cette collection est maintenu dans une banque de gènes régionale à Niamey, au Niger. D'autres grandes collections de ressources génétiques d'arachide sont détenues aux Etats-Unis (Southern Regional Plant Introduction Station, à Griffin, en Géorgie, 9000 entrées), en Inde (National Research Centre for Groundnut (NRCG), Junagadh, 8000 entrées) et en Chine (Institute of Crop Germplasm Resources (CAAS), Pékin, 5400 entrées ; Institute of Oil Crops Research, de Wuhan, 5700 entrées). En Afrique tropicale, d'importantes collections de ressources génétiques sont détenues au Sénégal (Cen-

tre national de recherche agronomique de Bambey, 900 entrées), en Ouganda (Serere Agricultural and Animal Production Research Institute, Serere, 900 entrées) et au Malawi (Plant Genetic Resources Centre, Chitedze Agricultural Research Station, à Lilongwe, 500 entrées). L'ARC Grain Crops Institute de Potchefstroom, en Afrique du Sud, a une collection de 850 entrées. Les collections réduites ("core collections") qui ont été mises en place sont utiles pour mettre au point des modèles destinés à l'acquisition future de ressources génétiques et à l'évaluation de la résistance aux maladies. Des prospections supplémentaires sont nécessaires pour la plupart des régions de production arachidière, dont les variétés locales se voient rapidement remplacées par des cultivars modernes.

Sélection Les travaux d'amélioration de l'arachide ont beaucoup augmenté lorsque le programme de l'ICRISAT a été instauré en 1976. Diverses populations de sélection sont en cours d'expérimentation dans des programmes régionaux d'Afrique subsaharienne et d'Asie. La plupart de ces programmes sont menés par des instituts publics. Les objectifs d'amélioration de l'arachide ont porté surtout sur son adaptation aux marchés régionaux et aux systèmes de production. Tous les programmes visent à améliorer la productivité de l'espèce et sa résistance aux maladies. Les travaux entrepris à grande échelle pour évaluer les ressources génétiques des *Arachis* sauvages ont abouti à l'identification de sources de résistance utiles à de nombreuses maladies. Il y a eu récemment des initiatives destinées à améliorer le goût et la qualité de la graine. Les travaux de sélection pour la résistance à la contamination à l'aflatoxine ont fait l'objet d'une attention accrue, et la sélection de cultivars à cycle court et résistants à la sécheresse a la priorité dans de nombreux programmes. Les méthodes courantes d'amélioration de l'arachide sont la sélection généalogique normale ou différée et la filiation monograine. L'amélioration par rétrocroisement n'a pas été beaucoup utilisée étant donné que la plupart des caractères de l'arachide d'importance économique sont hérités de façon quantitative. Parmi les principales contraintes qui s'opposent à une amélioration génétique rapide, citons : le lien étroit entre les gènes de résistance aux maladies et les locus conférant aux gousses et aux graines des caractéristiques indésirables ; le cycle plus long, la moindre allocation des assimilats aux graines et la sensibilité à la photopériode plus élevée du matériel génétique résistant aux maladies par rapport au matériel d'élite d'un point de vue agronomique, qui sont sensibles aux maladies ; les fortes interactions génotype × environnement pour les caractères d'importance économique ; et l'introgression limitée des gènes des espèces sauvages d'*Arachis* vers l'arachide cultivée.
Des cartes de liaison génétique de l'arachide ont été dressées à l'aide de divers marqueurs, mais le niveau de saturation est insuffisant pour procéder à une application de routine en sélection moléculaire. Un système efficace de culture de tissus et de transformation de l'arachide a été mis au point et des plantes transgéniques ont été produites à l'aide de méthodes biolistiques et au moyen d'*Agrobacterium*.

Perspectives L'arachide reste une espèce cultivée extrêmement utile, puisqu'elle procure aussi bien des aliments, de l'huile et des aliments du bétail que du combustible pour la maison, et qu'elle constitue également une ressource complémentaire de revenus en tant que culture de rente. Mais les faibles rendements et la sensibilité de l'arachide aux maladies posent de gros problèmes à sa culture en Afrique tropicale. De nombreux cultivars restent sensibles aux cercosporoses précoce et tardive et à la rouille, la résistance semblant être liée à un cycle long et à des caractéristiques indésirables de la gousse et de la graine. Le développement de cultivars à haut rendement dotés de résistance aux maladies (en particulier les cercosporoses et la rouille) et d'une adaptation aux systèmes de production africains reste par conséquent le grand défi à relever par les sélectionneurs. L'utilisation des marqueurs ADN pourra leur permettre d'associer la résistance aux stress biotiques et abiotiques à une productivité accrue et une meilleure qualité des graines. Le recours aux outils de la biotechnologie va s'intensifier pour effectuer la caractérisation à grande échelle des ressources génétiques et venir à bout de certaines des contraintes qui pèsent sur la production de l'arachide (comme les problèmes de maladies).

Références principales Dwivedi et al., 2003; Knauft & Ozias-Akins, 1995; Knauft & Wynne, 1995; Kokalis-Burelle et al. (Editors), 1997; Krapovickas & Gregory, 1994; Melouk & Shokes (Editors), 1995; Shorter & Patanothai, 1989; Smartt (Editor), 1994; Stalker, 1997; Wynne, Beute & Nigam, 1991.

Autres références Burkill, 1995; Clavel, 2002; Clavel & Gautreau, 1997; de Waele & Swanevelder, 2001; Gillett et al., 1971; ILDIS, 2005; Isleib & Wynne, 1992; Kochert et al.,

1996; Lynch & Mack, 1995; McDonald et al., 1998; Neuwinger, 2000; Norden, Smith & Gorbet, 1982; Popelka, Terryn & Higgins, 2004; Purseglove, 1968; Sherwood et al., 1995; Singh, 1995; Singh & Nigam, 1997; Steinman, 1996; USDA, 2004; Wynne & Gregory, 1981.

Sources de l'illustration Shorter & Patanothai, 1989.

Auteurs B.R. Ntare

BALANITES MAUGHAMII Sprague

Protologue Bull. Misc. Inform. Kew 1913 : 136, 138 (1913).

Famille Balanitaceae (APG : Zygophyllaceae)

Synonymes *Balanites dawei* Sprague (1913).

Noms vernaculaires Y-thorned torchwood, green thorn, manduro (En). Manduro, nulo (Po). Mkonga, mguguni (Sw).

Origine et répartition géographique *Balanites maughamii* est présent du sud-est du Kenya jusqu'au Swaziland et à la province de KwaZulu-Natal en Afrique du Sud, son centre de diversité étant situé au Mozambique.

Usages L'huile qui résulte de la pression de l'amande de la graine s'emploie dans la province de Limpopo en Afrique du Sud pour apprêter les cuirs et peaux. Les fruits et l'huile des graines sont comestibles ; l'huile s'emploie en cuisine et pour faire des massages. Dans certaines régions, on brûle l'huile ou les graines dans des torches, d'où le nom commun de "torchwood" (bois à torche) ; le bois produit un bon charbon de bois. Le bois d'œuvre est utile pour des perches, des manches d'outils, des mortiers à grain, des tabourets ; il sert également en sculpture et en tournage ; au Swaziland, on s'en sert pour fabriquer des chariots. Dans le sud du Malawi, les fruits sont utilisés pour faire des grelots qui s'attachent aux jambes.



Balanites maughamii – sauvage

Balanites maughamii sert en magie et en médecine traditionnelle. On fait grand usage des racines et de l'écorce dans les remèdes purgatifs. Bien que le fruit soit comestible par les mammifères, l'exsudat des fruits est employé comme poison pour la pêche et il est mortel pour les escargots d'eau douce vecteurs de la bilharziose et du ver de Guinée. *Balanites maughamii* peut contribuer à endiguer ces maladies lorsqu'il se trouve près de l'eau, et on en a planté dans ce but en Afrique du Sud. Il a parfois été planté comme arbre ornemental.

La plupart des informations sur les usages de *Balanites maughamii* ne renvoient avec certitude qu'à la subsp. *maughamii* et il se peut qu'elles ne s'appliquent pas à la subsp. *acuta* Sands.

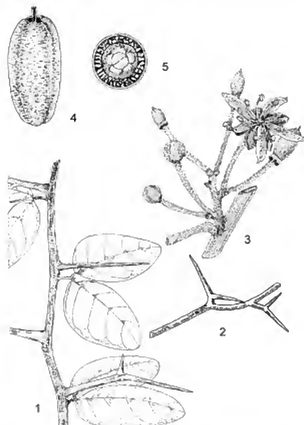
Propriétés L'amande contient une huile comestible claire de couleur jaune (environ 60%), dépourvue de saveur et d'odeur. Inflammable, l'huile convient à un usage industriel. Les fruits ont un goût et une odeur agréablement sucrés, mais deviennent amers par la suite.

Balanites maughamii peut produire de grosses grumes bien droites qui constituent un bois d'œuvre de valeur. Il est habituellement brun jaunâtre pâle et son grain fin donne un fini lisse, qui prend un excellent poli.

Les racines ont des propriétés émétiques. Des extraits des feuilles et des rameaux ont montré des effets génotoxiques in vitro, à l'origine de lésions de l'ADN. Des extraits d'écorce de la tige inhibent le parasite de la malaria *Plasmodium falciparum* (IC_{50} = 1,94 μg/ml) in vitro.

L'emploi de *Balanites maughamii* pour ses propriétés molluscicides fut suggéré pour la première fois dans les années 1930. On avait observé que les fruits qui tombaient dans les eaux infestées inhibaient la prolifération des escargots vecteurs de bilharziose. L'explication avancée est que la yamogénine, la sapogénine stéroïdique à laquelle est attribuée l'efficacité molluscicide de *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile, est présente chez *Balanites maughamii* à des concentrations plus fortes. L'amande et la pulpe des fruits mûrs sont toxiques pour les escargots à des concentrations de 25 mg/ml, et l'efficacité molluscicide subsiste jusqu'à 122 jours dans la matière réduite en poudre. Les fruits sont toxiques pour certaines grenouilles et certains poissons.

Description Arbre caducifolié ou semi-caducifolié atteignant 20(–25) m de haut, rarement arbuste ; tronc droit, souvent cannelé ; écorce lisse, brun jaunâtre, marbrée ou grise, se fissurant grossièrement ; cime arrondie, étalée, parfois à branches basses restant près du tronc sur une certaine longueur ; rameaux généralement jaunes à vert grisâtre ; épines de 3–6(–15) cm de long, situées souvent sur la partie supérieure du fût, sur les branches ainsi que sur les tiges jeunes, fréquemment ramifiées, souvent d'apparence fourchue. Feuilles disposées en spirale, 2-foliolées ; stipules triangulaires, atteignant 3 mm de long, parfois liégeuses, à poils bruns, persistantes ; pétiole et pétiolules généralement densément pubescents ; folioles habituellement asymétriques, elliptiques à largement ovales, arrondies à obtuses, aiguës ou courtement acuminées, coriaces, glabres ou diversement pubescentes sur les deux faces, finalement glabrescentes. Inflorescence : cyme axillaire semblable à un fascicule, à (1–)3–7 fleurs, indument vert jaunâtre à chamois, sessile ou à court pédoncule. Fleurs bisexuées, 5-mères, souvent parfumées ; pédicelle de 0,5–1 cm de long ; sépales ovales à obovales, d'environ 5 mm de long, réfléchis après l'anthèse, pubescents à l'extérieur mais à bords glabres ; pétales oblongs-lancéolés à oblancéolés, de (5–) 7–8(–9) mm de long, réfléchis après l'anthèse, verts ou jaune verdâtre, poilus à l'intérieur ; étamines 10, libres ; disque annulaire, succulent ; ovaire supère, à poils denses et raides, 5-loculaire, style cylindrique ou effilé. Fruit : drupe à 1 graine, ellipsoïde-oblongue, comprimée aux deux extrémités, ou ovoïde, obtuse à l'apex, de 4–6(–8) cm de long, prenant une teinte brun rougeâtre à maturité, peau ferme mais mince et fragile à la fin, contenant un mésocarpe huileux et foncé, de consistance spongieuse et fibreuse ; noyau à endocarpe épais. Graines ellipsoïdes à fuselées, atteignant 2.5 cm de long, cannelées, de couleur ivoire.



Balanites maughamii – 1, pousse stérile ; 2, pousse stérile à épines fourchues ; 3, inflorescence ; 4, fruit ; 5, fruit en coupe transversale. Redessiné et adapté par Iskak Syamsudin

Autres données botaniques Le genre *Balanites* comprend 9 espèces, la plupart en Afrique, mais il existe 1 espèce en Inde et 1 espèce au Myanmar. La répartition de 2 des espèces africaines va jusqu'à la péninsule Arabique, et *Balanites aegyptiaca* est également présent en Jordanie. *Balanites maughamii* s'apparente étroitement à *Balanites wilsoniana* Dawe & Sprague, que l'on trouve depuis la Côte d'Ivoire jusqu'en Ouganda ; ce dernier diffère par ses stipules caduques, ses inflorescences situées au-dessus de l'aisselle des feuilles et l'indument gris argenté de son pétiole et de ses jeunes pousses. On distingue deux sous-espèces dans *Balanites maughamii* : subsp. *maughamii* et subsp. *acuta*, qui se distinguent avant tout par la morphologie des folioles et la pubescence. Les folioles des pousses fertiles de subsp. *Maughamii* sont arrondies ou obtuses et pubescentes, alors que celles de subsp. *acuta* sont aiguës à courtement acuminées et glabres. On trouve subsp. *maughamii* dans toute la partie méridionale de l'aire de l'espèce, au nord jusqu'au district de Lindi, en Tanzanie, alors que subsp. *acuta* est cantonnée au sud-est du Kenya et à l'est de la Tanzanie.

Croissance et développement La croissance de *Balanites maughamii* suit le modèle de croissance de Champagnat : une pousse s'allonge par l'activité du bourgeon apical. La croissance initiale se fait à la verticale mais la pousse ne tarde pas à ployer ou à retomber sous son propre poids. Un bourgeon latéral reprend ensuite la croissance à la verticale et le schéma de croissance et d'incurvation se répète. Subsp. *maughamii* fleurit de septembre à novembre et fructifie de novembre à mars ; subsp. *acuta* fleurit de novembre à avril et ses premiers fruits mûrs apparaissent en février.

Ecologie *Balanites maughamii* se rencontre depuis le niveau de la mer jusqu'à 1000 m d'altitude : subsp. *maughamii* se trouve en général dans les savanes boisées sèches, fréquemment le long des rivières, à proximité des sources et aux alentours des cuvettes, parfois sur les plaines inondables, typiquement sur les limons argileux ou sableux. On trouve surtout subsp. *acuta* dans les forêts sempervirentes mélangées, côtières généralement, ou dans les fourrés côtiers denses, jusqu'à 500 m d'altitude. Il est plus souvent présent sur des sols alcalins et moins bien drainés que subsp. *maughamii*.

Multiplication et plantation La graine est orthodoxe, et germe bien en terre, alors que les spécimens cultivés en bacs tendent à souffrir de chlorose. On peut utiliser les drageons pour la multiplication.

Gestion Les fruits de *Balanites maughamii* se récoltent seulement dans la nature.

Ressources génétiques On ne signale aucun risque d'érosion génétique.

Perspectives *Balanites maughamii* n'a pas été jugé doté de propriétés suffisantes pour faire l'objet d'une exploitation commerciale, notamment à cause de la difficulté à extraire l'amande de la pulpe et de la coque fibreuse et épaisse. Mais il se peut que des méthodes de traitement modernes surmontent ces inconvénients. Etant donné les similitudes entre ses fruits et ceux de l'espèce proche *Balanites aegyptiaca*, dont on tire plusieurs produits naturels, *Balanites maughamii* a probablement un potentiel commercial similaire, qui justifie un approfondissement des recherches.

Références principales Kloos & McCullough, 1982; Launert, 1963; Pretorius, Joubert & Evans, 1988; Prozesky, Meyer & Louw, 2001; Sands, 2001; Sands, 2003; Sprague, 1913; Watt & Breyer-Brandwijk, 1962.

Autres références Coates Palgrave, 1983; Elgorashi et al., 2002; Flynn, Turner & Dickie, 2004; Kellerman, 2004; Mander et al., 1995; Mbuya et al., 1994; Parameswaran & Conrad, 1982; Sim, 1909; van Wyk, van Oudtshoorn & Gericke, 1997.

Sources de l'illustration Sands, 2001.

Auteurs O.M. Grace & M.J.S. Sands

BRASSICA CARINATA A.Braun

Protologue Flora 24: 267 (1841).

Famille Brassicaceae (Cruciferae)

Nombre de chromosomes $2n = 34$

Synonymes *Brassica integrifolia* (H.West) Rupr. var. *carinata* (A.Braun) O.E.Schulz (1919).

Noms vernaculaires Chou éthiopien, moutarde d'Abyssinie (Fr). Ethiopian kale, Ethiopian mustard, Ethiopian rape, Abyssinian mustard (En). Figiri (Sw).

Origine et répartition géographique *Brassica carinata* est un amphidiploïde dont un génome provient de *Brassica nigra* (L.) Koch et l'autre de *Brassica oleracea* L. L'Ethiopie est le centre de diversité génétique de *Brassica carinata*, et l'on pense que sa culture y a débuté environ 4000 ans avant J.C. On n'en connaît pas de types vraiment sauvages, mais *Brassica carinata* s'échappe souvent des cultures. Dans la littérature, elle a été largement confondue avec *Brassica juncea* (L.) Czern., ce qui rend difficile de préciser sa répartition exacte en Afrique. La culture de *Brassica carinata* comme plante oléagineuse est limitée à l'Ethiopie, mais elle est souvent cultivée comme légume-feuilles en Afrique orientale et australe, moins fréquemment en Afrique occidentale et centrale.

Usages Dans la plus grande partie de l'Afrique, *Brassica carinata* est utilisée principalement comme légume-feuilles cuit, alors qu'en Ethiopie, où elle s'appelle "gomen zer" en amarinya, l'huile des graines a également une grande importance. Hors d'Afrique, en particulier en Asie de l'Ouest et du Sud, elle est cultivée de temps à autre comme plante oléagineuse ou pour faire de la moutarde. Les graines sont écrasées et l'huile est utilisée en cuisine ou



Brassica carinata – planté et naturalisé

dans l'industrie de la moutarde. L'usage de l'huile en cuisine est limité à cause de sa forte teneur en glucosinolates et en acide érucique. En Ethiopie, elle est employée pour graisser les plaques de cuisson des fourneaux en terre cuite à "injera". On l'emploie également pour l'éclairage. Les graines sont utilisées en médecine traditionnelle pour soigner les maux d'estomac. Les Ethiopiens se servent des graines au goût piquant en guise d'épice pour relever le goût des viandes crues. La plante est quelquefois employée comme fourrage pour le bétail et les graines pour nourrir les oiseaux. Le tourteau de graines sert d'aliment riche en protéines pour les animaux, bien que la présence de glucosinolates soit un facteur limitant. Depuis peu, on s'intéresse à l'huile, de même qu'à celles d'autres *Brassica*, comme biodiésel et pour la préparation de dérivés spéciaux de l'acide érucique.

Production et commerce international La production de graines de *Brassica carinata* n'est importante qu'en Ethiopie ; la production au Canada et dans la région méditerranéenne en est encore au stade expérimental. En tant que légume-feuilles, elle est cultivée principalement en jardins familiaux, bien qu'au Malawi, en Tanzanie et en Zambie, et dans une moindre mesure au Zimbabwe, elle fasse aussi l'objet de cultures commerciales. Son utilisation comme légume-feuilles semble cependant diminuer en raison de la productivité plus forte du chou vert (*Brassica oleracea*) et de la moutarde-feuilles (*Brassica juncea*). On ne dispose pas de données statistiques sur sa production.

Propriétés Il n'existe pas de données sur la composition nutritionnelle des feuilles de *Brassica carinata*, mais elle doit être comparable à celle de *Brassica juncea*. Les graines sont riches en huile, et en contiennent 25–47% en fonction du cultivar et des conditions de croissance ; la teneur en protéines est également élevée, 25–45%, et comparable en cela à celle des légumes secs. L'huile est formée d'acide érucique 35–44%, d'acide linoléique 15–22%, d'acide linolénique 16–20%, d'acide oléique 10–12%, d'acide eicosénoïque 7–9% et d'acide palmitique 2–4%. Des lignées à huile sans acide érucique ont été sélectionnées par croisements avec *Brassica juncea* et *Brassica napus* L. et par mutagénèse. Les graines ont une teneur élevée en glucosinolates (100–200 µmoles/g), presque exclusivement de la sinigrine, qui a des propriétés anti-oxydantes mais aussi goitrigènes. Une phytoalexine, la brassilexine, et plusieurs de ses précurseurs sont synthétisés par *Brassica carinata* en réponse à une attaque par la maladie du pied noir *Leptosphaeria maculans*, ce qui pourrait expliquer la résistance qu'elle lui oppose.

Falsifications et succédanés Le légume-feuilles *Brassica carinata* peut être remplacé par les divers types de chou vert (*Brassica oleracea*) ou de moutarde-feuilles (*Brassica juncea*), et le type oléagineux par *Brassica juncea*, *Brassica napus* ou *Brassica nigra*.

Description Plante herbacée érigée, annuelle ou parfois bisannuelle ou pérenne, atteignant 150(–200) cm de haut, généralement ramifiée, glabre ou légèrement poilue sur la tige et la base des pétioles, légèrement glauque ; racine pivotante forte. Feuilles alternes, généralement simples, les inférieures munies quelquefois de 1 paire de petits lobes latéraux à la base ; stipules absentes ; toutes les feuilles avec un pétiole court ; limbe obovale, jusqu'à 20 cm × 10 cm, doublement crénelé mais les supérieurs souvent plus ou moins entiers. Inflorescence : grappe ombelliforme initialement plutôt lâche mais s'allongeant rapidement, jusqu'à 50 cm. Fleurs bisexuées, régulières, 4-mères ; pédicelle ascendant, de 5–12 mm de long ; sépales oblongs, de 4–6(–7) mm de long, verts ; pétales obovales, de 6–10 mm de long, à onglet, jaune



Brassica carinata – 1, port de la jeune plante ; 2, rameau en fleurs et en fruits ; 3, fruit. Redessiné et adapté par Iskak Syamsudin

pâle à vif ; étamines 6 ; ovaire supère, cylindrique, 2-loculaire, stigmate globuleux. Fruit : silique linéaire de 2,5–6 cm × 2–3,5 mm, souvent un peu comprimée entre les graines, avec un bec conique de 2–6(–7) mm de long, déhiscente, renfermant jusqu'à 20 graines. Graines globuleuses, de 1–1,5 mm de diamètre, finement réticulées, d'un brun pâle à foncé. Plantule à germination épigée, avec une forte racine principale et des racines latérales fibreuses ; hypocotyle de 2–3 cm de long, épicotyle très court ; cotylédons largement obovales, d'environ 2,5 cm de long, vert foncé.

Autres données botaniques Trois espèces sauvages de *Brassica* se trouvent en région méditerranéenne : *Brassica nigra* (L.) Koch (moutarde noire) avec le nombre chromosomique de base $n = 8$ (génome B), *Brassica oleracea* L. (chou commun) avec $n = 9$ (génome C) et *Brassica rapa* L. (navet) avec $n = 10$ (génome A). *Brassica carinata* est considéré comme un hybride amphidiploïde entre *Brassica nigra* et *Brassica oleracea*, avec les génomes BBCC, $2n = 34$. L'hybridation peut s'être produite à plusieurs occasions ; la génétique prouve que dans tous les cas, *Brassica nigra* a fourni le parent femelle. *Brassica juncea* est un amphidiploïde entre *Brassica nigra* et *Brassica rapa* avec $2n = 36$. Il est souvent confondu avec *Brassica carinata* et il n'est pas toujours possible d'attribuer avec certitude les données à l'une ou l'autre de ces espèces. D'habitude, les feuilles inférieures de *Brassica juncea* ont un nombre de lobes plus élevé et son fruit a un bec plus long (d'ordinaire > 6 mm).

Croissance et développement Du semis à la levée, environ 5 jours sont nécessaires, en fonction de la température et de l'humidité du sol. Les plantes forment un système racinaire important, plus grand que chez les autres espèces de *Brassica*. En général, les cultivars à grandes feuilles sont moins ramifiés que ceux à petites feuilles. Il y a une différence quant à la date de la première floraison entre les types oléagineux et légumiers ; les types oléagineux commencent à fleurir environ 10 semaines après la germination, les cultivars légumiers environ 12 semaines après, en fonction du cultivar et des conditions de croissance. La floraison des cultivars légumiers est retardée par une récolte régulière des feuilles ou des jeunes pousses. Les plantes cultivées en régions sèches fleurissent plus tôt et produisent des graines mûres dans les 4 mois suivant le semis. Les cultures légumières qui ont bénéficié d'une humidité appropriée produisent des graines en 5–6 mois. Quelques cultivars de grande taille, lorsqu'ils sont cultivés avec une humidité suffisante, peuvent former de nouvelles pousses, une fois l'infrutescence retirée, et devenir pérennes, en général seulement pour une saison supplémentaire, mais des plantes âgées de 4 ans ont été signalées. La plupart des espèces de *Brassica* sont allogames, ce qui contribue à la grande diversité intra-spécifique. *Brassica carinata* est une exception, car elle donne des graines de manière très efficace par autofécondation sans l'aide d'insectes. Elle n'a pas besoin de basses températures pour l'initiation florale, et la production de graines est par conséquent bien plus facile en Afrique que pour la plupart des choux verts de l'espèce *Brassica oleracea* sauf le "chou portugais".

Ecologie Le chou éthiopien est plutôt adaptable et peut se trouver sur des hautes terres jusqu'à 2600 m avec un climat frais, mais aussi sur des basses terres dans des conditions relativement chaudes et sèches. C'est sous irrigation en saison sèche qu'il pousse le mieux, lorsque maladies et prédateurs sont peu nombreux. C'est une plante qui convient à une large gamme de sols, les types oléagineux étant notamment souvent cultivés dans des zones marginales ; les types légumiers sont surtout cultivés sur des sols fertiles. Le chou éthiopien peut pousser depuis l'équateur jusqu'au Canada et semble être indifférent à la longueur du jour. Il est sensible au sel et ses graines ne peuvent germer dans des sols ayant un niveau de salinité supérieur à la moyenne. Il ne tolère pas l'asphyxie racinaire.

Multiplication et plantation La multiplication se fait normalement par graines et rarement par boutures. Le poids de 1000 graines est de 3–5 g. Lorsque la plante est cultivée pour ses feuilles, le semis en pépinière et le repiquage sont largement pratiqués. Les couches de semis sont normalement rehaussées par rapport au sol pour diminuer l'incidence de la fonte des semis. La couche superficielle est travaillée et du fumier de ferme bien fait y est introduit pour former un sol friable. Les graines sont semées en lignes espacées de 15–20 cm. L'arrosage en pépinière devrait être fait avec une pomme d'arrosoir fine. Les producteurs peuvent recouvrir les planches avec de longues herbes ou des matériaux semblables afin de maintenir la surface sombre et humide. Lorsque les cotylédons se sont étalés après la germination, ce paillage est enlevé ou placé à côté des plants. Les plants sont bons à repiquer lorsqu'ils ont atteint le stade de 4 feuilles, en-

viron 5 semaines après la germination. Lorsque les plants se développent trop en hauteur, ils peuvent s'étioler, sans grande chance de former des plantes robustes. L'espacement au champ est d'environ 35–40 cm sur la ligne et de 50–60 cm entre les lignes, en fonction de la taille des plants. Près de Nairobi (Kenya), l'espace entre les lignes est complanté d'échalote, de persil et du légume-feuilles *Crotalaria* sp. Lorsque la plante est cultivée comme oléagineuse, ses graines sont semées directement en lignes, ou à la volée quand on recherche une production de feuilles de courte durée.

Gestion Le chou éthiopien répond bien à l'engrais organique, et ce jusqu'à 20 t/ha. La plupart des agriculteurs trouvent plus simple d'incorporer des engrais chimiques aux planches de semis au taux d'environ 100 kg N et 30 kg P. Des taux plus élevés d'azote accroissent les protéines et améliorent la production foliaire, tandis que davantage de phosphore renforce le potentiel de production de graines. Quelques horticulteurs augmentent donc à 300 kg N l'apport initial, tandis que d'autres font une fumure d'appoint de 50 kg N tous les 15 jours. En production d'oléagineux, tous les engrais sont incorporés au moment du semis et aucun épandage en surface n'est pratiqué. Pour une production de feuilles, une irrigation régulière est nécessaire lorsqu'il ne pleut pas, car le stress hydrique induit une floraison précoce. Lorsque la culture est semée au début de la saison des pluies, les attaques de maladies et de prédateurs sont graves. Pour les éviter, il est recommandé de faire le semis 5–6 semaines avant les pluies, ce qui permet un repiquage au début des pluies.

Maladies et ravageurs Le chou éthiopien est sensible au virus de la mosaïque du navet (TuMV), auquel le type à feuilles est particulièrement vulnérable. Le TuMV est transmis par de nombreux pucerons, parmi lesquels le puceron cendré du chou *Brevicoryne brassicae* et le grand puceron vert du pêcher *Myzus persicae* sont les plus marquants. Les types oléagineux à feuilles bleuâtres ont une couche de cire plus épaisse que les types légumiers à feuilles vertes, et on a remarqué que la cire des feuilles tenait dans une certaine mesure les pucerons à distance. La cire des feuilles est également associée au niveau de tolérance à la maladie des taches noires (*Alternaria brassicae*). Le chou éthiopien est sensible à la nervation noire (*Xanthomonas campestris*), à l'alternariose (*Alternaria brassicicola*), ainsi qu'à la fonte des semis et au rhizoctone brun (*Rhizoctonia solani*). Le cultivar 'Nanga' de Zambie a montré une certaine tolérance à la nervation noire. Le chou éthiopien est tolérant au pied noir *Leptosphaeria maculans* (dont la forme asexuée est *Phoma lingam*). La rouille blanche (*Albugo candida*) se trouve principalement sur les cultivars légumiers, mais pas sur les types oléagineux. *Xanthomonas*, *Alternaria*, *Phoma* et *Rhizoctonia* sont des maladies transmises par graines, et il est important de disposer de semences fiables ; mais ces maladies sont aussi conservées dans le sol, ce qui rend essentielle une rotation appropriée des cultures. Afin d'éviter la nervation noire, il est recommandé de ne pas produire en saison des pluies. Le meilleur moyen de lutter contre les maladies est d'adopter un mode de conduite judicieux plutôt que de programmer des pulvérisations de produits agrochimiques.

La teigne des crucifères (*Plutella xylostella*) pose moins de problèmes avec le chou éthiopien qu'avec le chou-fleur et les autres choux. Parmi les autres prédateurs, citons la piéride (*Pieris brassicae*) et les larves de la tenthrède de la moutarde (*Athalia proxima*), ravageur particulièrement redoutable pour les semis. Parmi les autres ravageurs, on peut encore citer : le puceron du navet (*Hyadaphis pseudobrassicae*, synonyme : *Lipaphis erysimi*), le charançon du chou (*Lixus* sp.), les altises (*Phyllotreta* spp), et une punaise (*Bagrada cruciferarum*).

Récolte Il y a plusieurs moyens de récolter cette plante. Celles issues de graines semées à la volée à forte densité peuvent être récoltées par arrachage de la plante entière 6 semaines après le semis. Cette méthode est utilisée normalement lorsqu'on a besoin du terrain pour une autre culture. Pour une culture conventionnelle, la première récolte se fait environ 5 semaines après le repiquage. Le mieux est de récolter les feuilles une fois toutes les 2 semaines, avec 50% de défoliation. Les cultivars à petites feuilles sont fréquemment récoltés sous forme de pousses plutôt que de feuilles individuelles.

Les types oléagineux sont récoltés lorsque les fruits virent au brun. Les infrutescences sont coupées et déposées sur une bâche ou une toile, où on les laisse sécher sans risque que les graines tombent. La récolte est alors battue et vannée.

Rendements L'agriculteur peut espérer un rendement moyen de feuilles et de pousses de 35 t/ha, mais en stations de recherche des rendements de 50–55 t/ha de feuilles ont été signalés, en fonction de la saison de production et du

cultivar. En Inde et au Canada, les agriculteurs peuvent produire jusqu'à 1200–1800 kg/ha de graines lors d'une bonne année.

Traitement après récolte Les feuilles sont relativement périssables et se fanent ou jaunissent lorsqu'elles sont laissées pendant plus d'une journée à l'étalage. Aussi les agriculteurs ne récoltent-ils que de petites quantités à la fois. Pour garder leur fraîcheur, les feuilles sont conservées humides dans un sac à l'abri de la lumière ou dans un endroit frais. Quand la plante est mise en marché entière avec ses racines, les négociants les trempent dans l'eau, ce qui leur permet de les conserver quelques jours.

Ressources génétiques La diversité génétique chez *Brassica carinata*, sur la base des marqueurs moléculaires ADN, est bien moindre que celle de *Brassica juncea*. En dépit d'une variation comparativement faible chez *Brassica carinata*, il existe de nombreuses variétés locales tant pour les types oléagineux que légumiers, qui diffèrent par leur précocité, la structure de la plante, la dimension, la forme et la structure des feuilles, le rendement en graines, et les niveaux d'acide érucique et de glucosinolates dans la graine. Il faut renforcer la prospection, la conservation et l'évaluation de cette diversité avant que les agriculteurs ne commencent à utiliser de nouveaux cultivars aux dépens de leurs variétés locales traditionnelles. Une collection est entretenue par le Centre for Genetic Resources (CGN) à Wageningen, Pays-Bas. Des collections de travail sont disponibles dans les instituts de recherche en Ethiopie, en Tanzanie, en Zambie et au Zimbabwe.

Sélection En Afrique, des travaux de sélection ont été entrepris et plusieurs sélections ont été obtenues en Tanzanie, en Zambie et au Zimbabwe. Les critères de sélection sont la dimension des feuilles, une montaison tardive, une réduction de la sensibilité aux maladies et aux prédateurs les plus importants, et un rendement élevé. Les cultivars les plus connus sont 'White Figiri', 'Purple Figiri', 'Lushoo', 'Mbeya Green' et parmi ceux à grandes feuilles, 'Lambo' de Tanzanie, 'RRS-V' du Zimbabwe, 'Chibanga' et 'NIRS-2' de Zambie. 'TAMU Tex Sel' est un cultivar légumier obtenu au Texas (Etats-Unis). En Zambie, le chou éthiopien a été croisé avec le "chou portugais" et avec *Brassica nigra*. On a réalisé davantage de travaux de sélection sur les cultivars oléagineux, particulièrement au Canada, en Inde et en Italie. Les principaux critères de sélection sont une faible teneur en acide érucique et en glucosinolates ainsi qu'un rendement élevé en graines.

Perspectives Le chou éthiopien est un légume-feuilles et un oléagineux parfaitement adapté aux conditions africaines et qui a de grandes perspectives. Il existe un grand nombre de variétés locales qui laissent au sélectionneur beaucoup de marge pour progresser. La production de semences fermières est facile, mais la mise à disposition de semences commerciales fiables et saines serait également profitable aux agriculteurs. Si des mesures ne sont pas prises rapidement, cette espèce disparaîtra progressivement et sera remplacée par de nouveaux cultivars, notamment de *Brassica juncea* et des formes non pommées de *Brassica oleracea*, qui ont suscité davantage de recherche et qui font l'objet de plus d'attention de la part des sélectionneurs.

Références principales Alemayehu & Becker, 2002; Getinet, Rakow & Downey, 1996; Getinet et al., 1997a; Getinet et al., 1997b; Maundu, Ngugi & Kabuye, 1999; Mingochi & Jensen, 1988; Mnzava & Msikita, 1988; Mnzava & Olsson, 1990; Msikita & Mnzava, 1988; Schippers, 2002.

Autres références Cardone et al., 2003; Cowley, 1970; del Río, de Haro & Fernández-Martínez, 2003; Edwards, 1991; FAO, 1988; Gildemacher, 1997; Gómez-Campo (Editor), 1999; Jonsell, 2000; Mathai, 1984; Mnzava, 1986; Pearson & Bock, 1976; Pedras, Loukaci & Okanga, 1998; Seegeler, 1983; SEPASAL, 2003; Stephens, 1994; Stephens, Saldana & Lime, 1975; Westphal & Marguard, 1981.

Sources de l'illustration Jonsell, 2000; Jonsell, 1982a.

Auteurs N.A. Mnzava & R.R Schippers

BRASSICA JUNCEA (L.) Czern.

Protologue Consp. pl. charc. : 8 (1859).
Famille Brassicaceae (Cruciferae)
Nombre de chromosomes $2n = 36$
Synonymes *Sinapis juncea* L. (1753).

Noms vernaculaires Moutarde brune, moutarde de Sarepta, moutarde de Chine, moutarde frisée (Fr). Brown mustard, Indian mustard, leaf mustard (En). Mostarda vermelha, mostarda indiana (Po). Haradali, mastadi (Sw).

Origine et répartition géographique *Brassica juncea* est un amphidiploïde issu du croisement de *Brassica nigra* (L.) Koch ($2n = 16$) et *Brassica rapa* L. ($2n = 20$). Plusieurs régions d'Asie occidentale et centrale ont été proposées



Brassica juncea – planté et naturalisé

pour le centre d'origine de *Brassica juncea*. La moutarde brune est cultivée en Asie et en Europe depuis des milliers d'années pour ses feuilles et ses graines. De nos jours, les types de *Brassica juncea* utilisés comme légumes sont cultivés dans toute l'Asie méridionale et orientale. L'espèce présente une variation maximale en Chine. On la cultive comme légume vert en Afrique occidentale et australe ; elle est appelée "laulau" au Nigeria, "mpiru" au Malawi, et "tsunga" au Zimbabwe. Dans de nombreux pays d'Afrique, elle a été introduite et s'est naturalisée. Cependant, sa répartition exacte en Afrique est difficile à déterminer en raison de la confusion avec d'autres espèces de *Brassica*, notamment *Brassica carinata* A.Braun. Les types oléagineux sont particulièrement importants en Asie méridionale, en Chine, en Amérique du Nord et en Europe, mais on ne les trouve pas, ou rarement, en Afrique. *Brassica juncea* est importante comme source de moutarde en Europe et en Amérique du Nord, et on la cultive parfois dans ce but en Afrique, par ex. à la Réunion et à l'île Maurice.

Usages *Brassica juncea* a de nombreux usages. Elle a des emplois variés comme légume, ses graines fournissent de l'huile, et après broyage servent à la fabrication de la moutarde. On l'utilise aussi comme fourrage et à des fins médicinales.

En Afrique et dans de nombreuses régions d'Asie, les feuilles sont consommées comme légume ; elles sont hachées, bouillies et servies en accompagnement de l'aliment de base. Les feuilles âgées ou fanées par la sécheresse sont très amères ; pour les consommer, on doit les cuire dans deux eaux. Les jeunes feuilles tendres ("mustard greens" en anglais) sont utilisées en salade, mélangées à d'autres variétés de salade. En Asie, les feuilles de moutarde brune entrent dans la fabrication de pickles, ou sont proposées comme légume en conserve ou surgelées. Les graines germées sont utilisées en garniture dans les salades, ou pour leur donner un goût épicé. En Asie orientale, on a sélectionné à partir de *Brassica juncea* diverses variétés de légumes, comparables à ceux fournis par *Brassica oleracea* L. Le "tai tau choï" ou "moutarde tubéreuse" a une racine renflée et est préparé et consommé comme les navets, tandis que le "cha tsoï" ou "tsatsaï" a une curieuse tige renflée, couverte de protubérances, que l'on conserve dans la saumure et que l'on comprime jusqu'à ce que la plus grande partie de l'eau soit éliminée.

En Asie, en Europe et en Amérique, *Brassica juncea* est cultivée principalement pour ses graines utilisées dans la fabrication de la moutarde brune et pour l'extraction d'une huile végétale. On l'a introduite localement dans ce but en Afrique, par ex. dans les îles Mascareignes. Dans une grande partie de l'Europe, *Brassica juncea* a remplacé *Brassica nigra* comme principale source de graines de moutarde commerciales. Elle donne une moutarde plus épicée que la moutarde jaune faite à partir de *Brassica nigra*. L'huile de moutarde est l'une des principales huiles alimentaires au Bangladesh, en Inde et au Pakistan, où l'on apprécie sa saveur particulière et son goût piquant. Dans les régions voisines de l'ex-URSS, elle est employée comme substitut de l'huile d'olive. Dans les pays occidentaux, son emploi comme huile alimentaire est restreint en raison de sa teneur élevée en acide érucique. L'huile de moutarde est également employée comme huile capillaire et comme lubrifiant. L'huile des cultivars sélectionnés pour leur haute teneur en acide érucique a des emplois industriels. Un emploi particulier de l'huile de moutarde est de retarder le processus de fermentation dans la fabrication du cidre. Les graines sont également utilisées dans les mélanges de graines pour les oiseaux. Le tourteau de graines de moutarde est riche en protéines, mais sa forte teneur en glucosinolate le rend impropre à la consommation par les humains et par les animaux monogastriques.

La moutarde brune est connue pour avoir des propriétés antalgiques, laxatives, diurétiques, émétiques et rubéfiantes. C'est un remède traditionnel contre l'arthrite, les pieds douloureux, le lumbago et les rhumatismes. En

Chine, les graines sont employées comme médicament contre les tumeurs. Leur ingestion peut communiquer une odeur corporelle qui éloigne les moustiques. Les feuilles appliquées sur le front sont réputées soulager les maux de tête. Les feuilles sont ingérées sous forme de soupe pour traiter les inflammations ou hémorragies de la vessie. En Corée, les graines de moutarde sont utilisées pour traiter les abcès, les rhumes, le lumbago, les rhumatismes et les troubles stomacaux. L'huile de moutarde brune est employée contre les éruptions cutanées et les ulcères. En Tanzanie, on donne aux vaches laitières des racines de moutarde pour stimuler la sécrétion lactée.

Production et commerce international Les statistiques sur la production et le commerce d'huile et de moutarde de *Brassica juncea* sont difficiles à trouver, parce qu'il y a souvent cumul ou confusion avec celles du colza (*Brassica napus* L.) et de la navette (*Brassica rapa* L.). Les huiles de *Brassica* sont la troisième huile végétale en importance, après celles de soja et de palme. La moutarde brune, en tant que légume, n'est commercialisée que localement, même dans les régions d'Asie où elle constitue un légume important. En Afrique, on la rencontre principalement en Afrique australe, et elle est rare ailleurs. En Zambie et au Zimbabwe, où on lui donne le nom du colza ("rape"), elle est très populaire, mais on ne dispose d'aucune statistique fiable sur les superficies cultivées, la production et la commercialisation.

Propriétés Les feuilles de la moutarde brune contiennent, par 100 g de partie comestible : eau 90,8 g, énergie 109 kJ (26 kcal), protéines 2,7 g, lipides 0,2 g, glucides 4,9 g, fibres alimentaires 3,3 g, Ca 103 mg, Mg 32 mg, P 43 mg, Fe 1,46 mg, Zn 0,2 mg, vitamine A 10 500 UI, thiamine 0,08 mg, riboflavine 0,11 mg, niacine 0,80 mg, folate 187 µg, acide ascorbique 70 mg. Les graines sèches de moutarde contiennent par 100 g de partie comestible : eau 6,9 g, énergie 1964 kJ (469 kcal), protéines 24,9 g, lipides 28,8 g, glucides 34,9 g, Ca 521 mg, Mg 298 mg, P 841 mg, Fe 10,0 mg, vitamine A 62 UI, thiamine 0,54 mg, riboflavine 0,38 mg, niacine 7,9 mg, acide ascorbique 3 mg (USDA, 2003).

Les graines et les feuilles contiennent un glucosinolate, la sinigrine. Leur goût piquant apparaît lorsque des cellules sont endommagées ; la sinigrine est alors hydrolysée par une enzyme, la myrosinase, et forme de l'allyl isothiocyanate. La graine contient aussi des stérols, dont les plus importants sont le brassicastérol, le campestérol et le sitostérol. La teneur en huile des graines est de 28–45%, avec une moyenne d'environ 35%. L'huile est semblable à celle des autres espèces de *Brassica*, et est composée d'acide érucique 25–55%, acide oléique 8–33%, acide linoléique 12–21%, acide linolénique 8–14%, acide eicosénoïque 6–12%, acide palmitique 2–4%, acide stéarique 0,8–1,5%, acide arachidique 0,5–1,2%, acide palmitoléique 0,2–0,5%, acide nervonique 0–2%, acide béhénique 0–1%, acide lignocérique 0–1%. L'acide eicosénoïque et l'acide érucique sont des acides gras à longue chaîne qui ont des propriétés antinutritionnelles et toxiques. Des cultivars produisant une huile à faible teneur en acide eicosénoïque et en acide érucique ont été sélectionnés. Leur composition en acides gras est la suivante : acide palmitique 56%, acide stéarique 25%, acide arachidique 10%, acide béhénique 6%, acide lignocérique 3% (USDA 2002). Ils sont généralement reconnus comme propres à la consommation humaine. De même que des cultivars de *Brassica napus* et *Brassica rapa* fournissant une huile similaire, on les désigne au Canada sous le terme de "canola". Le tourteau résiduel après extraction de l'huile contient environ 37% de protéine brute.

Des expériences faites sur des rats semblent indiquer que la moutarde brune aurait une action bénéfique d'atténuation des dommages causés par le stress d'oxydation lié au diabète et à ses complications.

Falsifications et succédanés Les feuilles de moutarde sont souvent appelées par erreur "rape leaves" en anglais, mais le colza (*Brassica napus*) est une espèce distincte, cultivée comme légume et comme oléagineux. La moutarde brune, en tant que légume-feuilles, peut être facilement remplacée par des choux verts (cultivars spéciaux de *Brassica oleracea*, *Brassica carinata* et *Brassica napus*), bien que ceux-ci n'aient pas le goût typique de la moutarde brune.

Description Plante herbacée érigée, annuelle ou bisannuelle, jusqu'à 160 cm de hauteur, souvent non ramifiée, avec parfois de longs rameaux ascendants dans la partie supérieure, de presque glabre à peu densément poilue, légèrement glauque ; racine pivotante parfois renflée (moutarde tubéreuse). Feuilles alternes, pennatilobées, les feuilles supérieures étant cependant souvent simples ; stipules absentes ; toutes les feuilles ont un pétiole court ; limbe ovale à lancéolé, ou avec un ou deux lo-



Brassica juncea – 1, rameau en fleurs ; 2, rameau en fleurs et en fruits ; 3, graine.
Source: PROSEA

bes de chaque côté et un lobe terminal plus grand, jusqu'à 30 cm × 10 cm, bord irrégulièrement denté. Inflorescence : initialement une grappe ombelliforme, mais s'allongeant ensuite fortement, jusqu'à 60 cm de long. Fleurs bisexuées, régulières, 4-mères ; pédicelle ascendant, de 5–12 mm de long ; sépales oblongs, de 4–6 mm de long, verts ; pétales obovales, de 6–10 mm de long, pourvus d'un onglet, jaune vif ; étamines 6 ; ovaire supère, cylindrique, 2-loculaire, stigmate globuleux. Fruit : silique linéaire, de 2,5–7,5 cm × 2–3,5 mm, souvent étranglée entre les graines, pourvue d'un bec conique de longueur généralement supérieure à 6 mm, déhiscente, contenant jusqu'à 20 graines. Graines globuleuses, de 1–1,5 mm de diamètre, finement réticulées, brun pâle à foncé.

Autres données botaniques *Brassica juncea* est une espèce extrêmement variable, qui est cultivée depuis des siècles comme légume et comme plante oléagineuse, et c'est aussi une adventice très répandue. Les cultivars de *Brassica juncea* ont des feuilles qui sont seulement légèrement glauques, souvent vert foncé et plus ou moins poilues, se distinguant des feuilles vert bleuâtre et glabres des autres *Brassica* cultivés comme légumes-feuilles. En Afrique, on l'a souvent confondu avec *Brassica carinata*, mais les feuilles inférieures de cette dernière espèce sont simples ou ont au plus un lobe de chaque côté, et le bec du fruit est plus court (généralement < 6 mm).

Divers auteurs ont proposé des classifications des cultivars de *Brassica juncea*. Elles ont peu d'intérêt en Afrique, où les paysans utilisent le plus souvent des cultivars locaux. Ce n'est qu'occasionnellement que des graines sont importées en provenance de firmes semencières occidentales, par ex. 'Florida Broad Leaf'.

Croissance et développement La germination se produit dans les 5 jours après le semis à 20–25°C. Dans de bonnes conditions les plantes poussent rapidement, et les feuilles peuvent être récoltées au bout de 3 semaines, lorsque les plantes portent 6–8 feuilles pleinement développées, mais la récolte démarre plus tard lorsqu'on veut des feuilles plus grandes pour la vente. Dans les conditions de l'Afrique tropicale, la floraison se produit tôt, du fait qu'il n'est pas nécessaire d'avoir de basses températures pour son induction. Un stress hydrique, ou un sol peu fertile, favorisent une floraison précoce. *Brassica juncea* est autofertile, mais les abeilles peuvent effectuer une pollinisation croisée. Les fruits se développent rapidement, et les graines peuvent être prêtes pour la récolte dans les 4 semaines à partir de la floraison.

Ecologie La moutarde brune est réputée tolérer des précipitations annuelles de 500–4000 mm et des températures de 6–37°C, et elle convient aussi bien aux basses terres tropicales qu'à des conditions relativement fraîches. Elle pousse bien sur des sols de limon fertiles, bien drainés, avec un pH de 5,5–6,8, riche en matière organique. A des températures élevées, elle fleurit précocement et les rendements sont moins élevés, mais une production est encore possible. Pour la production de graines, la moutarde brune est tolérante à des conditions défavorables, telles que stress hydrique, pH élevé ou bas, salinité, dégâts d'insectes.

Multiplication et plantation La moutarde brune peut être semée directement ou transplantée. Le semis direct est surtout employé lorsque le temps est un facteur limitant, et là où les marchés acceptent des feuilles petites. On y recourt fréquemment en Zambie dans les zones humides appelées "dambos". Le poids de 1000 graines est de 0,7–2 g. Les semences doivent être mélangées avec du sable et semées à la volée à densité assez faible pour éviter un trop grand travail d'éclaircissage par la suite.

La première récolte peut se faire sous la forme d'un éclaircissage pratiqué environ 35 jours après le semis. Le repiquage est couramment pratiqué, les plants étant élevés en pépinière sur des planches de 1 m de large avec un sol fertile finement ameubli. Les planches de semis sont préparées en ameublissant le sol et en y incorporant jusqu'à 50 kg de fumier bien décomposé pour 10 m^2. On sème en lignes espacées de 25–30 cm, et les semis sont ensuite éclaircis à un espacement de 5–10 cm. Les semis doivent être suffisamment arrosés. Ils sont prêts à être transplantés après 20–30 jours lorsqu'ils ont 3–4 feuilles véritables, et on les plante à un espacement de 30–50 cm entre les lignes et 20–40 cm sur la ligne, selon la taille de plants requise. Lorsqu'on cultive la moutarde comme oléagineux, on sème à raison de 4–6 kg/ha. La densité des plants peut varier, la moutarde brune ayant une grande capacité de compenser les irrégularités dans la densité de peuplement.

Gestion L'absorption d'éléments minéraux par la moutarde brune est élevée, et il est recommandé d'apporter du fumier à raison de 30 t/ha. Lorsqu'on ne dispose pas de fumier, il peut être remplacé par un apport d'environ 500 kg/ha d'engrais minéral NPK 18–12–12, en fonction de la fertilité du sol. Un épandage en surface d'engrais azoté est pratiqué quelques semaines après transplantation. Pour la production de graines, les doses d'engrais peuvent être plus faibles. Le désherbage est nécessaire au début de la période de végétation, et il faut des arrosages abondants pour stimuler une croissance rapide. Une floraison précoce peut apparaître lors de périodes chaudes avec des températures élevées. Dans certaines régions des Etats-Unis, *Brassica juncea* est considérée comme une adventice nuisible et envahissante.

Maladies et ravageurs Une maladie dévastatrice de la moutarde brune durant la saison des pluies est la pourriture humide (*Erwinia carotovora*), contre laquelle on n'a pas de traitement efficace. Une autre maladie bactérienne est la nervation noire, causée par *Xanthomonas campestris*, maladie transmise aussi bien par le sol que par les semences. Parmi les maladies cryptogamiques, la plus importante est l'alternariose (*Alternaria brassicae* et *Alternaria brassicicola*). Le virus de la mosaïque du navet (TuMV) est également signalé fréquemment sur la moutarde brune.

Parmi les insectes le plus destructeur est la teigne des crucifères (*Plutella xylostella*), notamment durant la saison sèche. D'autres ravageurs sont les pyrales (*Hellula undalis* et *Crocidolomia binotalis*), les pucerons et les altises (*Phyllotreta* spp.), et divers nématodes. Par temps frais la moutarde brune a peu d'ennemis, mais un temps chaud amène des pucerons et autres insectes.

Un bon état sanitaire des cultures, une rotation avec des cultures botaniquement différentes, et l'emploi de semences exemptes d'agents pathogènes limitent les attaques d'insectes et de maladies. Cependant, dans des conditions d'agriculture de subsistance, il est fait peu de chose pour lutter contre les parasites et maladies.

Récolte La récolte des feuilles commence environ 4 semaines après le repiquage. Elle peut se poursuivre à raison d'une cueillette par semaine durant la période de végétation, jusqu'à ce que la plante perde sa tendreté et que les feuilles deviennent raides. Lorsque les inflorescences commencent à apparaître, il est plus économique de replanter. Dans certains cas on récolte les jeunes plantes entières avec leurs racines, notamment lorsqu'elles sont à faible espacement. En Afrique, on préfère pour la vente avoir des feuilles de 15–30 cm de long.

Pour la production de semences, les plantes doivent être récoltées avant que les fruits soient tout à fait mûrs, afin d'éviter l'égrenage. On récolte généralement tôt le matin. Les plantes sont liées en bottes et séchées au soleil pendant 4–10 jours.

Rendements Le rendement en feuilles de *Brassica juncea* est de 8–35 t/ha, avec une moyenne de 20 t/ha sur les meilleures exploitations. Au Zimbabwe, cette culture donne de meilleurs résultats en hiver, avec des rendements moyens de 20–30 t/ha. Le rendement en graines de la moutarde brune en Inde varie de 900–1200 kg/ha avec une teneur en huile de 30–38%, tandis qu'aux Etats-Unis les rendements en graines sont de 1100–1500 kg/ha.

Traitement après récolte Par temps chaud, les feuilles se fanent rapidement après la récolte, et elles doivent donc être vendues le plus tôt possible. Lorsqu'on dispose des installations nécessaires, il est recommandé de refroidir le produit jusqu'à près de 0°C immédiatement après la récolte, et ensuite de le maintenir aussi frais que possible durant le transport et la vente. On peut pour cela mettre de la glace au milieu des feuilles, ce qui maintiendra en même temps une humidité élevée. On peut aussi, pour maintenir les feuilles humides, les emballer dans des sacs de polyéthylène ou dans un film plastique.

Au Zimbabwe, les agriculteurs sèchent les

feuilles au soleil pour les consommer en contre-saison. On voit souvent vendre des feuilles séchées coupées en morceaux et emballées dans des sacs plastique sur les marchés de Harare et ailleurs au Zimbabwe. L'extraction d'huile des graines se fait par moulin rotatif, pressoir ou procédés hydrauliques. Pour fabriquer la moutarde, on mélange les graines moulues avec de l'eau, des épices et du vinaigre.

Ressources génétiques D'importantes collections de ressources génétique de *Brassica juncea* sont conservées en divers endroits dans le monde : Australian Temperate Field Crops Collection, Horsham Victoria (Australie) ; Institute of Crop Germplasm Resources (CAAS), Pékin (Chine) ; All India Coordinated Research Project on Rape & Mustard, Haryana University, Hisar, Haryana (Inde) ; InstitutVavilov, Saint-Pétersbourg (Fédération de Russie). Des collections de travail de moindre importance se trouvent dans de nombreux autres pays. Une collection de travail de moutarde brune avec des variétés locales africaines se trouve au Horticultural Research Centre à Marondera (Zimbabwe). La diversité que l'on trouve dans les champs des agriculteurs africains est considérable, et il est nécessaire de rassembler et évaluer ce matériel avant que cette ressource potentiellement importante ne disparaisse avec l'introduction de variétés améliorées.

Sélection De nombreux agriculteurs africains utilisent leurs propres variétés locales dont ils conservent des semences. *Brassica juncea* peut être reproduite par autopollinisation, ce qui permet une purification rapide des nouvelles sélections. La East-West Seed Company en Thaïlande a sélectionné des cultivars spécialement pour les conditions tropicales, par ex. 'Mayur' que l'on peut récolter 30–35 jours après le semis ou 21–25 jours après le repiquage, et 'Laguna' qui a une tolérance à la montaison à hautes températures et que l'on peut récolter 40–45 jours après le semis. 'Suehlihung No.2' est un cultivar de Taïwan qui est résistant à la pourriture humide et aux virus. On peut le cultiver toute l'année à Taïwan et le récolter 20 jours après le repiquage. Le cultivar 'King Mustard' produit de grandes feuilles tendres de couleur vert-pourpre.

Perspectives Il y a un potentiel important d'amélioration des variétés locales actuelles de cet excellent légume qui peut être cultivé dans les basses terres humides et chaudes telles que les régions côtières d'Afrique occidentale et dans les régions plus fraîches d'Afrique australe. De nombreux consommateurs préfèrent la moutarde brune ou d'autres types de *Brassica* à feuilles non pommées au chou blanc, et lorsqu'on disposera de semences saines de cultivars améliorés, la demande s'accroîtra. Les perspectives de culture de *Brassica juncea* comme oléagineux ou pour la fabrication de moutarde sont limitées en Afrique tropicale.

Références principales Chen et al., 1997; Chen, 1982; Hemmingway, 1995; Holland, Unwin & Buss, 1991; Knowles et al., 1981; Opeña, 1993; Pryde & Doty, 1981; Schippers, 2000; Toxopeus, 2001; USDA, 2002.

Autres références Bettencourt & Konopka, 1990; Duke, 1983b; Floridata, 2002; Gladis & Hammer, 1992; Jon-sell, 1982b; Larkcom, 1991; Leung, 1980; Maity, Sengupta & Jana, 1980; Oplinger et al., 1991; Patel, Parmar & Patel, 1980; Perry, 1980; Prakash & Hinata, 1980; Tindall, 1983; van Epenhuijsen, 1974; Yokozawa et al., 2003.

Sources de l'illustration Toxopeus, 2001.

Auteurs R.R. Schippers & N.A. Mnzava

CARTHAMUS TINCTORIUS L.

Protologue Sp. pl. 2: 830 (1753).

Famille Asteraceae (Compositae)

Nombre de chromosomes $2n = 24$

Noms vernaculaires Carthame, safran bâtard (Fr). Safflower, false saffron (En). Açafroa, saflor, açaflor (Po). Kartamu, alizeti ya miba (Sw).

Origine et répartition géographique *Carthamus tinctorius* n'est connu que comme espèce cultivée, et est probablement originaire du Proche-Orient. D'autres centres de diversité sont l'Afghanistan, l'Ethiopie et l'Inde. *Carthamus tinctorius* est domestiqué depuis des temps



Carthamus tinctorius – planté

très anciens, à l'origine pour le colorant orange fourni par ses fleurs et pour lequel on la cultivait déjà en Egypte en 2000 av. J.-C. Son emploi comme plante oléagineuse est probablement plus récent, mais il remonte aussi à l'époque préchrétienne. Le papyrus "Revenue Laws" de Ptolémée II, datant de 259–258 av. J.-C., déclare que le roi avait un monopole de production et de commercialisation de l'huile de carthame en même temps que de celles de sésame et de ricin. Le carthame fut probablement introduit vers 200–300 après J.-C. en Chine, où il a tout d'abord été cultivé intensivement pour son colorant, en particulier le long du Yang-Tseu-Kiang et au Sichuan. De la Chine, le carthame a été introduit au Japon, où il est devenu une importante source d'huile culinaire. A partir du Proche-Orient, cette culture s'est répandue également vers l'ouest en Europe et dans les Amériques. Le Soudan, l'Ethiopie, le Kenya et la Tanzanie en sont les principaux producteurs en Afrique tropicale.

Usages L'huile comestible extraite de la graine est aujourd'hui le principal produit du carthame. Bien que cette huile se prête à la fabrication de peinture, elle est surtout employée pour la cuisine et l'assaisonnement des salades, ainsi que la fabrication de margarine. Les cultivars à haute teneur en acide oléique font de l'huile de carthame un important succédané que l'on ajoute à l'huile d'olive, ce qui est une des raisons de la rapide expansion de sa culture en Espagne. En Australie, on préfère les cultivars produisant une huile à haute teneur en acide linoléique. Cette huile a des usages industriels. En Inde, on l'utilise traditionnellement pour faire de la cire "roghan", employée dans l'industrie du batik.

Le carthame est cultivé depuis longtemps pour le colorant extrait des fleurs. Selon le procédé de teinture et l'addition d'autres colorants et mordants, il donne aux tissus une couleur jaune, rouge, brune ou violette. Avec l'introduction de teintures synthétiques à bon marché, son importance comme source de teinture a fortement diminué. Cependant, il subsiste une production à petite échelle de teinture destinée à des emplois traditionnels et religieux. En tant que colorant alimentaire naturel, c'est un substitut ou un succédané frauduleux du safran, et les fleurs sont couramment mélangées à du riz, du pain, des pickles et autres aliments pour leur donner une couleur attrayante jaune orangé.

Le tourteau est employé comme aliment du bétail. Le tourteau de graines non décortiquées (botaniquement le fruit) contient un glucoside, le mataïrésinol, et ne convient que pour les ruminants. Après élimination des composés amers, le tourteau de graines décortiquées constituerait un excellent aliment pour les animaux monogastriques, mais la décortication est généralement une opération trop coûteuse. La farine de graines décortiquées de carthame est employée pour produire des suppléments alimentaires riches en protéines pour les humains. La farine peut être ajoutée à celle de blé pour faire des pains et des tartes. Les coques ont été utilisées pour faire des mélanges pour pots de pépinière, des matériaux d'emballage et d'isolation, et comme charge pour les briques.

Dans les pays asiatiques, les jeunes feuilles sont consommées comme légume, les graines sont utilisées en cuisine, et les fruits sont un aliment pour les oiseaux. Le feuillage de carthame constitue un bon fourrage vert, et peut être conservé sous forme de foin ou d'ensilage. La paille est également utilisée comme fourrage.

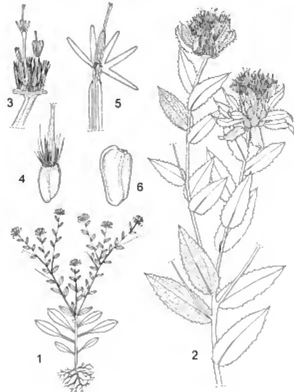
Le carthame occupe une place importante comme ingrédient de cosmétiques, et à un degré moindre comme médicament. En Chine, les fleurs sont employées pour traiter des affections telles que thrombose cérébrale, stérilité masculine, rhumatisme et bronchite, pour provoquer l'accouchement, et comme tisane tonique pour revigorer la circulation sanguine et le cœur. Des médicaments à base de carthame montrent également un effet bénéfique sur la douleur et l'enflure associées à un traumatisme. A Maurice, les fleurs sont employées pour traiter la jaunisse, tandis que les graines sont considérées comme laxatives. Le jus est réputé réduire la salivation. L'huile est appliquée pour traiter la gale. Certains cultivars sont cultivés comme plantes ornementales, et le carthame est également populaire comme fleur coupée, fraîche ou séchée.

Production et commerce international La production mondiale de carthame a décliné régulièrement depuis le milieu des années 1970, au cours desquelles la production mondiale d'huile était d'environ 630 000 t, et les exportations d'environ 210 000 t. Depuis quelques années, cette production s'est accrue à nouveau pour atteindre environ 800 000 t en 2005. Le déclin était dû principalement à la concurrence du tournesol hybride et des *Brassica* oléagineux, et à la forte expansion de la culture du soja en Amérique du Sud. Les principaux producteurs de carthame sont l'Inde, les Etats-Unis, le Mexique, le Kazakhstan, l'Ethio-

pie, l'Argentine, l'Australie et la Chine. La plupart des producteurs commercialisent leurs récoltes sur le marché intérieur, et n'exportent que le surplus.

Propriétés Le fruit du carthame commercial à coque blanche est composé de 30–40% de coque et 60–70% d'amande (botaniquement la graine). L'amande peut contenir 35–60% d'huile. La proportion de coque était plus grande dans le passé et était un handicap pour la production commerciale, mais les types à coque mince récemment introduits peuvent gêner la récolte et la transformation mécanisées. L'amande contient une huile siccative. Deux types de cultivars fournissant des huiles différentes sont reconnus : ceux à huile oléique, et ceux à huile linoléique. La composition en acides gras des premiers est la suivante : acide palmitique 5–6%, acide stéarique 1,5–2%, acide oléique 74–80%, acide linoléique 13–18%, et traces d'acide linolénique et d'acides gras à chaîne plus longue ; la composition en acides gras du carthame linoléique est la suivante : acide palmitique 5–8%, acide stéarique 2–3%, acide oléique 8–30%, acide linoléique 67–83(–89)%, et également traces d'acide linolénique et d'acides gras à chaîne plus longue. On trouve aussi des types de carthame ayant une composition en acides gras intermédiaire. L'huile de carthame est stable et ne s'altère pas à basse température ou lorsqu'elle est chauffée. Elle est jaune pâle ou jaune d'or, et a une saveur douce ou un goût de noisette selon la méthode d'extraction. La teneur élevée de l'huile en acide linoléique, sa couleur pâle, sa faible teneur en acides gras libres, sa faible teneur en composés insaponifiables et l'absence d'acide linolénique et de cires la rendent apte à la fabrication de peintures de haute qualité, de résines alkydes et d'enduits. Après extraction de l'huile, le tourteau résiduel de carthame non décortiqué contient : protéines 20–22(–25)%, coques 60%, lipides résiduels 2–15%, fibres brutes 30–40%. Le tourteau pressé de graines décortiquées contient jusqu'à 42% de protéines. La teneur élevée en fibres du tourteau non décortiqué limite sa valeur comme aliment du bétail, mais l'élimination des coques est coûteuse. On ne peut utiliser la farine qu'en complément d'une ration de grain, de luzerne ou d'ensilage pour engraisser le bétail. On ne peut le donner aux porcs, sinon en faibles quantités, ni aux volailles. On peut en revanche donner aux porcs de la farine de graines décortiquées.
Les fleurs du carthame contiennent deux pigments principaux : la carthamidine qui est jaune et soluble dans l'eau, et la carthamine, flavanone de couleur rouge orangé et soluble dans les solutions alcalines, qui était autrefois une importante matière tinctoriale. Les fleurs contiennent 0,3–0,6% de carthamine. On a identifié dans les fleurs et les graines des flavonoïdes, des hétérosides, des stérols et des dérivés de sérotonine, ainsi que du mataïrésinol, qui est l'un des principaux précurseurs de la lignane dans les fibres alimentaires.

Description Plante herbacée annuelle érigée, très ramifiée, glabre, jusqu'à 180 cm de haut ; système racinaire bien développé, gris brunâtre, racine pivotante épaisse et charnue, pénétrant jusqu'à 3 m de profondeur, racines latérales horizontales fines, se trouvant principalement dans les 30 cm superficiels ; tige cylindrique, solide avec une moelle tendre, ligneuse près de la base, cannelée, blanc verdâtre. Feuilles disposées en spirale, sessiles, simples ; stipules absentes ; limbe oblong à ovale-lancéolé, de 4–20 cm × 1–5 cm, bords à dents plus ou moins épineuses, vert foncé brillant. Inflorescence : capitule terminal, urcéolé, de 2,5–4 cm de diamètre ; bractées involucrales nombreuses, disposées en spirale, les bractées



Carthamus tinctorius – 1, port de la plante ; 2, branche en fleurs ; 3, détail du capitule ; 4, partie inférieure de la fleur ; 5, partie supérieure de la fleur (ouverte) ; 6, akène.
Source: PROSEA

extérieures étant oblongues, rétrécies au-dessus de la base, de 3–7 cm × 0,5–1,6 cm, poilues à l'extérieur, vert pâle, partie supérieure foliacée et spinescente, bractées intérieures lancéolées, de 2–2,5 cm × 1–4 mm, apex portant une épine ; réceptacle aplati à conique, avec des soies abondantes, blanchâtres, de 1–2 cm de long, et 20–80 fleurs bisexuées plus quelques-unes stériles marginales. Fleurs tubulées, sessiles, régulières, 5-mères, environ 4 cm de long, glabres, la plupart du temps rouge orangé devenant rouge foncé durant la floraison, parfois jaunes ; corolle à tube de 18–22 mm de long et lobes étalés, étroitement oblongs à linéaires de 7 mm × 1 mm ; étamines à filets de 1–2 mm de long, anthères d'environ 5 mm de long, fusionnées ; ovaire infère, ellipsoïde, de 3,5–4,5 mm de long, 1-loculaire, style mince, d'environ 30 mm de long, glabre, stigmate d'environ 5 mm de long, bifide, jaune, à poils courts. Fruit : akène souvent obliquement obovoïde de 5,5–8 mm × 3–5 mm, quadrangulaire, glabre, blanc brillant mais souvent brun pâle près du sommet, fruits les plus intérieurs dans le capitule portant souvent un pappus de soies d'environ 6 mm de long. Graines dépourvues d'albumen. Plantule à germination épigée ; forte racine pivotante ; hypocotyle blanc verdâtre ; cotylédons foliacés, obovales, d'environ 6 cm × 1,5 cm, vert pâle grisâtre ; premières feuilles lancéolées avec une base effilée ; plantes juvéniles avec une rosette de feuilles.

Autres données botaniques Le genre *Carthamus* comprend une quinzaine d'espèces. La section *Carthamus* comprend *Carthamus tinctorius* et ses 5 plus proches parentes, toutes espèces annuelles d'Asie occidentale avec $n = 12$. Du fait que *Carthamus tinctorius* est cultivé depuis l'antiquité sur une vaste aire, et que la fécondation croisée est assez fréquente, la variabilité de l'espèce est importante. Les différences morphologiques les plus visibles se situent dans la ramification (hauteur, densité), les feuilles (présence ou absence de feuilles en rosette, feuilles plus ou moins épineuses), les bractées involucrales (forme, pubescence, épineuses ou non), les inflorescences (nombre et taille des capitules), la couleur des fleurs (rougeâtres, orange, jaunes, blanches), et les akènes (taille, présence ou absence d'un pappus).

Croissance et développement Les graines de carthame ne présentent généralement pas de dormance, et peuvent germer dans le capitule s'il pleut au moment de la récolte. Après la germination, la jeune plante entre au stade de rosette, caractérisé par une croissance lente, la formation d'une rosette de feuilles et le développement d'une racine pivotante profonde. Lorsque le semis se fait au printemps, le carthame ne présente pas de stade de rosette, tandis que s'il est semé en automne il présente un long stade de rosette. Durant le stade de rosette, les plantes sont tolérantes au gel, ce qui leur permet de passer l'hiver. Les cultivars d'Ethiopie ne forment pas de rosette, mais immédiatement une tige principale. Le carthame est en règle générale une plante de jours longs. La floraison est induite normalement lorsqu'il y a approximativement 14 heures de jour, mais cela peut être modifié par la température, une température élevée accélérant la floraison. La salinité peut aussi accélérer le départ de la floraison. Les cultivars diffèrent dans leur sensibilité à la longueur du jour, et il existe des cultivars qui y sont indifférents. Contrastant avec sa croissance initiale relativement lente, le carthame pousse rapidement une fois que sa tige a commencé à s'allonger. Lorsque la plante a 20–40 cm de haut, les ramifications latérales commencent à se développer. L'allongement et la ramification de la tige sont suivis par le développement d'un capitule floral à l'extrémité de la tige et de chaque ramification. Une fois que la croissance des ramifications secondaires et la formation de capitules floraux sont terminés (75–100 jours après le semis), les fleurs commencent à apparaître sur les capitules. La floraison débute dans le capitule de l'axe principal, suivi par les ramifications principales ; les ramifications secondaires et tertiaires suivant dans l'ordre. La floraison débute normalement à la périphérie du capitule et progresse ensuite vers le centre ; elle prend 3–5 jours pour être complète. L'ensemble de la floraison s'étend sur 10–40 jours. Le carthame est essentiellement autogame, la pollinisation se produisant lorsque le style et le stigmate poussent à travers la colonne d'anthères qui l'entoure à la base de la corolle. Il peut cependant se produire un taux élevé d'allogamie, notamment dans les types à coque fine. Les abeilles ou autres insectes sont généralement nécessaires pour une fécondation optimale et des rendements maximaux. Il peut se produire une stérilité mâle et femelle. La stérilité mâle structurelle est liée au caractère de coque fine, et la déhiscence retardée des anthères dans ce type est mise à profit pour produire des semences hybrides. Un capitule de carthame bien développé contient 15–30 akènes ou plus, qui mûrissent dans les 4–5 semaines suivant la floraison.

Ecologie Le carthame est essentiellement

une culture de régions subtropicales semi-arides, mais son aire de répartition a été fortement étendue par la sélection et l'amélioration génétique. Il est réparti entre les latitudes 20°S et 40°N, et sa culture s'est même étendue récemment au Canada. Dans les tropiques, on le cultive principalement à 1600–2200 m d'altitude, mais la production commerciale à grande échelle est concentrée dans les zones semi-arides au-dessous de 1000 m. Le rendement en graines et leur teneur en huile s'abaissent quand l'altitude s'accroît. Les semis peuvent tolérer une température de –7°C, certains cultivars même jusqu'à –12°C. Ils deviennent plus sensibles aux dégâts de gel après le stade de rosette. Des températures moyennes de 17–20°C semblent être l'optimum pour la croissance végétative, tandis que la température optimale pour la floraison est de 24–32°C. Une humidité suffisante du sol réduit l'effet nocif des hautes températures.

Le carthame demande environ 600 mm de pluviométrie, avec la majeure partie tombant avant la floraison. Dans des conditions sèches et venteuses, qui sont les plus favorables pour la production du carthame parce qu'elles favorisent une faible incidence de maladies, il faut 800–1000 mm de pluies. Dans des endroits où il n'y a pas de vents secs et chauds, on peut encore obtenir des rendements acceptables tant que l'on dispose de 300 mm de pluies avant la floraison. En raison de son système racinaire étendu, le carthame peut pousser pour une large part grâce à l'humidité résiduelle du sol. Si celle-ci, avant la plantation, couvre environ les deux tiers des besoins en eau totaux, le reste peut être fourni par les pluies.

Aux Etats-Unis et en Australie, il faut 1500–2500 mm d'eau d'irrigation pour produire une récolte commerciale à haut rendement. En Israël, le carthame nécessite un minimum de 600 mm de pluies plus une quantité analogue d'eau provenant de l'irrigation. En Tanzanie, les besoins minimaux sont de 400 mm de pluies plus 450 mm d'eau d'irrigation, mais des cultures recevant 2250 mm d'eau d'irrigation à la saison sèche produisent le double du rendement en saison de pluies, en partie en raison des dégâts moindres de maladies et de ravageurs. Une culture pluviale en Inde demande 650–1000 mm de pluies, mais à la saison sèche en irrigation il faut 1800–2100 mm (moins si la culture précédente est le riz).

Le carthame est cultivé par des petits agriculteurs sur une large gamme de sols de pH 5–8. Pour une production à grande échelle, on préfère des limons sableux de pH neutre suffisamment profonds et bien drainés. Les rendements les plus élevés sont obtenus dans des régions sèches sur limons sableux avec irrigation. Quelle que soit leur fertilité, les sols superficiels fournissent rarement des rendements élevés, ce qui est dû dans tous les cas à une humidité insuffisante. Le carthame est considéré comme tolérant au sel, bien que de nombreux cultivars commerciaux y soient sensibles. Il est spécialement tolérant vis-à-vis des sels de sodium, mais moins des sels de calcium et de magnésium. La salinité retarde la levée des semis, tandis que des niveaux très élevés réduisent la germination. Le carthame reste cependant une culture appropriée pour les sols salés, en particulier les cultivars récents hautement tolérants au sel.

Multiplication et plantation Il faut employer un cultivateur lourd ou une charrue sous-soleuse pour briser les couches de sol compacté dans la zone des racines, du fait que le carthame a un enracinement profond. Dans l'idéal, le semis doit être fait à 3–5 cm de profondeur dans un sol humide, mais lorsque le sol de surface est sec et meuble, les semences peuvent être placées à 10–15 cm de profondeur. Le poids de 1000 graines est de 40–80(–100) g. La plupart des semoirs en lignes conviennent pour semer le carthame, mais ils doivent être convenablement réglés. Il est parfois recommandé d'adapter des rayonneurs sur les éléments semeurs, et de ne refermer que partiellement les sillons après le semis. Les doses de semences dépendent du cultivar et des conditions de croissance. Pour une culture pluviale à grande échelle, la dose doit être de 10–15 kg/ha dans les régions très sujettes à la sécheresse et jusqu'à 30 kg/ha dans des conditions de pluviométrie élevée. En irrigation et avec des cultivars peu ramifiés, on emploie des doses de 40–60 kg/ha.

Un large écartement des lignes, de 35–60(–90) cm, avec un faible espacement des plantes sur la ligne, donne un rendement maximum. Le carthame peut compenser les variations de l'espacement en formant davantage de capitules secondaires et tertiaires par plante. Cependant, si le rendement en graines peut être peu affecté, la production d'huile sera moindre du fait que les graines de ces capitules sont généralement plus petites et ont une faible teneur en huile.

Gestion Le carthame s'intègre bien dans une production mécanisée de petites graines. Au stade de rosette, il se défend mal contre la

concurrence des mauvaises herbes. Un désherbage mécanique des jeunes plantes est difficile, et le hersage préalable au semis doit viser à réduire au minimum les adventices. Tant que les plantes de carthame sont encore petites, on peut employer un extirpateur à doigts ou une houe rotative, mais lorsque les plantes atteignent environ 15 cm de haut, le désherbage doit se limiter aux intervalles entre les lignes. C'est cependant un désherbage manuel soigné qui donne le meilleur rendement. On emploie largement en culture industrielle des herbicides de pré-levée combinés avec un désherbage mécanique entre les lignes.

L'azote est le principal élément nutritif ; les besoins en phosphate sont modérés, et le potassium n'est nécessaire que lorsqu'il y a un fort déficit local. Aux doses normalement appliquées, les engrais ont généralement peu d'effet direct sur la composition des graines ou sur le pourcentage d'huile. Cependant, en accroissant le rendement en graines, ils accroissent le rendement total en huile. Il faut éviter le contact entre les jeunes plantes et l'engrais, et les apports de N doivent être fractionnés lorsque la dose est supérieure à 100 kg N/ha. On applique jusqu'à 150 kg de N/ha sur les cultivars actuels à haut rendement cultivés en irrigation. Pour les cultures pluviales, on apporte environ 50 kg de N/ha. Les engrais phosphatés sont normalement des résidus animaux et végétaux ou du phosphate naturel. Cependant, on recommande en Inde, en Iran, au Pakistan et en Afghanistan un apport de 5–12,5 kg de P/ha pour les cultures paysannes.

Les cultures intercalaires sont possibles, et en Ethiopie la culture du carthame est étroitement associée à l'aire de répartition du tef (*Eragrostis tef* (Zuccagni) Trotter) et de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) avec lesquels il est le plus souvent associé. Ailleurs, les cultures intercalaires ne sont pas courantes du fait que les rendements sont faibles par suite de la concurrence. Le carthame ne doit pas être planté deux années de suite sur la même terre parce qu'il est sujet à des maladies cryptogamiques transmises par le sol.

Maladies et ravageurs De nombreuses maladies ont été observées sur le carthame, mais peu d'entre elles limitent la production commerciale. La rouille, causée par *Puccinia carthami*, est la maladie la plus importante s'attaquant aux jeunes plantes. Les maladies foliaires sont répandues dans les zones où il pleut entre la fin du stade des boutons floraux et la pré-maturité ; la plus sérieuse et la plus répandue est la flétrissure des feuilles causée par *Alternaria carthami*. Les pourritures des racines causées par *Fusarium oxysporum* et *Phytophthora* spp., notamment *Phytophthora cryptogea* et *Phytophthora drechsleri*, sont répandues et causent de graves dégâts. *Phytophthora drechsleri* est particulièrement sérieux sur le carthame en irrigation de surface, et son incidence et sa gravité sont accrues si la culture a subi un stress hydrique.

La majorité des insectes qui attaquent le carthame ont peu d'importance économique et ne nécessitent pas une action de lutte. Cependant, la mouche du carthame *Acanthiophilus helianthi* peut être très nuisible et empêcher pratiquement la croissance du carthame. L'emploi de pesticides est souvent non économique, et il est toujours nécessaire de peser le coût de la lutte par rapport au dommage admissible. Un semis précoce et l'emploi de cultivars à courte durée de croissance aident à réduire les dommages en échappant à l'infestation. *Condica capensis* (synonyme : *Perigea capensis*) attaque les cultures à tous les stades de développement et est commun en Inde, au Pakistan et dans le Sud-Est asiatique. Le ver du cotonnier (*Helicoverpa* spp.) et le ver gris (*Agrotis ipsilon*) se rencontrent dans tous les pays où l'on cultive le carthame, et ont une importance variable.

Récolte La récolte du carthame débute en général 35–40 jours après le maximum de floraison, lorsque les plantes sont bien sèches mais non cassantes, que les bractées des capitules virent au brun, et que les fruits ont une teneur en eau inférieure à 8%, de préférence 5%. Alors que la récolte se fait manuellement dans de nombreuses régions, une moissonneuse-batteuse à céréales convient très bien quoiqu'elle ne puisse faucher aussi vite que dans le cas du blé ou de l'orge. La récolte du carthame est relativement simple du fait que les plantes n'ont généralement pas tendance à verser ou à s'égrener. Une récolte mûre est relativement insensible aux dégâts et peut être laissée sur pied pendant un mois avec peu de pertes. Une petite pluie froide ou un léger gel font peu de dégâts. Cependant, les graines de certains cultivars ont tendance à germer dans le capitule si une période de temps chaud et humide survient au moment de la maturité. Pour les petits agriculteurs, la longueur de la période de récolte permet de récolter les capitules individuellement à mesure qu'ils mûrissent. En général, cependant, les plantes sont arrachées, mises en tas et séchées au champ pendant quelque jours, puis battues pour en ex-

traire les graines.
Pour la production de colorant, les capitules floraux sont récoltés tous les deux ou trois jours avant qu'ils se fanent. Les fleurs récoltées sont lavées et ensuite séchées.

Rendements Le rendement moyen en graines d'une culture pluviale intensive de carthame s'est régulièrement accru pour atteindre 1500 kg/ha, et près du double en irrigué. Les rendements moyens en Ethiopie et en Inde sont de l'ordre de 500 kg/ha. Les rendements en paille sont supérieurs à ceux de céréales à petits grains et peuvent atteindre 5 t/ha.

Traitement après récolte Les fruits de carthame peuvent être entreposés en vrac, si possible dans des trémies à grains, à condition que leur teneur en humidité soit de 5–8%. Le carthame peut être traité par la plupart des installations commerciales pour les oléagineux soit par pression, soit par extraction par solvants, soit par une combinaison des deux. Il n'y a pas d'exigences spéciales. La carthamine est extraite des fleurs en lessivant tout d'abord la carthamidine dans une grande quantité d'eau et en traitant ensuite les fleurs avec une solution de carbonate de sodium. La carthamine est précipitée de la solution à l'aide d'un acide dilué.

Ressources génétiques Un travail considérable de recherche a été effectué sur la génétique du carthame et son amélioration génétique, y compris des recherches sur les espèces voisines considérées comme des sources intéressantes de matériel génétique. L'évaluation des collections de ressources génétiques a montré une large variabilité dans des caractères agronomiquement importants, tels que quantité d'épines, rendement en graines par plante, nombre de capitules par plante, pourcentage de coques, durée de la culture, durée du stade de rosette, production de matière sèche, nombre de jours jusqu'à la maturité. On n'a pas encore découvert de résistance à la mouche du carthame *Acanthiophilus helianthi*. La ARS-GRIN Western Regional Plant Introduction Station, à Pullman WA (Etats-Unis) entretient une collection de ressources génétiques de 2300 entrées de *Carthamus tinctorius* et de nombreuses espèces voisines. L'Institute of Oil Crops Research (CAAS) à Wuhan, Hubei (Chine) détient 2300 entrées, la Regional Station Akola (NBPGR) à Akola, Maharashtra (Inde) 2000 entrées.

Sélection La réduction du pourcentage de coques est un objectif important dans l'amélioration génétique du carthame. Les cultivars actuels à teneur en fibres réduite (17% du fruit et 38% de la graine) et une teneur en protéines plus élevée sont préférés par les fabricants d'aliments du bétail. La composition des graines, la teneur en huile et sa qualité (composition en acides gras) sont influencées par les facteurs de milieu, notamment latitude, altitude, températures diurnes et nocturnes, pluviométrie lors de la floraison et lors de la formation des graines.
La découverte d'un gène causant une stérilité mâle partielle a permis une étude plus détaillée de l'hétérosis et des processus associés. Une technique de castration massive a été mise au point, et des techniques in vitro permettent la multiplication à grande échelle de lignées sélectionnées. On signale de nombreuses autres méthodes qui relèvent du génie génétique. Il y a un grand besoin d'étendre l'adaptabilité du carthame par la recherche et l'amélioration génétiques.

Perspectives Dans les pays industrialisés où la recherche a établi un lien entre santé et régime alimentaire, la demande d'huiles insaturées s'est accrue, créant un marché en expansion pour de telles huiles comme aliments diététiques. Cela pourrait entraîner une demande et une production accrues de carthame. Les niveaux potentiels de rendement, la stabilité des rendements et une lutte améliorée contre les nuisibles appellent l'attention de la recherche. La grande diversité génétique offre de larges perspectives de création de cultivars améliorés.
L'emploi de colorants naturels dans les produits alimentaires a la faveur du public en raison des effets nocifs possibles des colorants synthétiques.

Références principales Fernández-Martinéz, del Rio & de Haro, 1993; Firestone, 1999; Hanelt, 1963; Jaradat & Shahid, 2006; Li & Mündel, 1996; López González, 1990; Oyen & Umali, 2001; Seegeler, 1983; Vilatersana et al., 2005; Weiss, 2000.

Autres références Ashri, 1971; Bassil & Kaffka, 2002; Bradley et al., 1999; Garnatje et al., 2006; Hanelt, 1961; Knowles & Ashri, 1995; Modestus, 1992; Ri-ungu, 1990; Stern & Beech, 1965; Verma et al., 1997; Vilatersana et al., 2000; Weiss, 1971; Yau, 2005; Zang et al., 1997.

Sources de l'illustration Oyen & Umali, 2001.

Auteurs L.P.A. Oyen & B.E. Umali
Basé sur PROSEA 14: Vegetable oils and fats.

CEPHALOCROTON CORDOFANUS Hochst.

Protologue Flora 24(1) : 370 (1841).
Famille Euphorbiaceae
Origine et répartition géographique *Cephalocroton cordofanus* est présent à l'état naturel au nord du Nigeria, et depuis l'est du Soudan jusqu'en Ethiopie et en Erythrée, et vers le sud jusqu'au nord-est de la Tanzanie.

Usages Les graines, localement appelées graines de dingili, sont consommées dans l'est du Soudan. Elles sont riches en une huile fortement insaturée, qu'on extrait parfois pour l'utiliser en cuisine.

Propriétés Les graines contiennent 42% d'huile, l'amande environ 56%. L'huile a une odeur et un goût agréables. Elle est constituée essentiellement d'acide cis-12:13-époxyoléique (62%) ainsi que d'acides saturés (7%), d'acide oléique (10%), d'acide linoléique (17%) et d'acide 12:13-dihydroxyoléique (4%).

Botanique Arbuste monoïque, pérenne, fortement ramifié, atteignant 3 m de haut ; racine pivotante trapue ; écorce gris foncé ; toutes les parties couvertes de poils étoilés, parties jeunes un peu visqueuses. Feuilles alternes, simples ; stipules irrégulièrement fendues à segments filiformes, d'environ 2 mm de long ; pétiole de 1–2,5 cm de long ; limbe largement ovale-oblong à elliptique-ovale, de (0,5–)1,5–4(–6) cm × (0,5–)1–2,5(–4) cm, base arrondie ou faiblement cordée, apex aigu ou rarement obtus, bords entiers à dentés, papyracé, à 5–7 nervures partant de la base. Inflorescence : grappe terminale, à fleurs mâles groupées en bouquet terminal globuleux dense et 1–4 fleurs femelles à la base du pédoncule ; pédoncule de 2–6 cm de long ; bractées atteignant 3 mm de long. Fleurs unisexuées, régulières ; pétales absents ; fleurs mâles à pédicelle jusqu'à 5 mm de long et à 4 sépales glabres, elliptiques-ovales, d'environ 2 mm × 1–1,5 mm, blancs à blanc verdâtre pâle, étamines 4–5, libres, filets d'environ 5 mm de long, jaune vif, pistillode cylindrique, 2-lobé ; fleurs femelles parfumées, à pédicelle jusqu'à environ 1,5 cm de long et à 6 sépales à lobes bipennés, d'environ 5 mm de long, fortement élargis chez le fruit, lobes linéaires avec des lobes latéraux, souvent injectés de rouge violacé, ovaire supère, d'environ 2 mm de diamètre, 3-lobé et 3-loculaire, styles 3, fusionnés à la base, d'environ 7 mm de long, fendus en lobes nombreux, jaune citron à ocre. Fruit : capsule profondément 3-lobée d'environ 12 mm de diamètre, poilue, à 3 graines. Graines ovoïdes à presque globuleuses, d'environ 7,5 mm × 6 mm, lisses, régulièrement grisâtres ou tachetées et marbrées de brun foncé, un peu luisantes.
Le genre *Cephalocroton* comprend 3 espèces en Afrique tropicale et en Afrique du Sud. Il s'apparente étroitement à *Adenochlaena* (1 espèce à Madagascar et aux Comores et 1 au Sri Lanka) et à *Cephalocrotonopsis* (1 espèce à Socotra), tous les deux classés souvent dans le genre *Cephalocroton*.

Ecologie *Cephalocroton cordofanus* est généralement présent sur des sols sableux, moins souvent sur des sols argileux (dont les vertisols), dans les lits asséchés des rivières, les savanes herbeuses ouvertes et inondées en saison, dans les savanes arbustives ouvertes et mixtes, jusqu'à 1200 m d'altitude.

Gestion Les graines se récoltent surtout dans la nature, mais des sources signalent l'existence de cultures occasionnelles.

Ressources génétiques et sélection *Cephalocroton cordofanus* n'est présent que ça et là sur sa vaste aire de répartition. Toutefois, rien n'indique qu'il soit menacé d'érosion génétique.

Perspectives La présence d'acides gras époxy et hydroxy à des concentrations élevées fait de l'huile une intéressante matière première en chimie. La physiologie qui amène à ces concentrations élevées mérite l'attention des chercheurs.

Références principales Bharucha & Gunstone, 1956b; Gilbert, 1995; Mansfeld, 1986; Morris & Holman, 1961; Radcliffe-Smith, 1987.

Autres références Bharucha & Gunstone, 1956a; Eckey, 1954; Gilliland, 1952; Govaerts, Frodin & Radcliffe-Smith, 2000; Henry & Grindley, 1943; Radcliffe-Smith, 1973; Radcliffe-Smith, 2001.

Auteurs L.P.A. Oyen

COCOS NUCIFERA L.

Protologue Sp. pl. 2 : 1188 (1753).
Famille Arecaceae (Palmae)
Nombre de chromosomes $2n = 32$
Noms vernaculaires Cocotier (Fr). Coconut palm (En). Coqueiro (Po). Mnazi (Sw).
Origine et répartition géographique *Cocos nucifera* est originaire des côtes d'Asie tropicale et du Pacifique, mais son centre d'origine primaire donne lieu à bien des conjectures. Des noix de coco fossiles ont été découvertes dans des endroits aussi éloignés que l'Inde et la Nouvelle-Zélande. La capacité de la noix de

coco sauvage, avec sa bourre épaisse et sa germination lente, à rester viable après avoir flotté en mer sur de longues distances a permis une large dispersion naturelle dans la région indo-pacifique bien avant le début de sa domestication en Asie du Sud-Est. Le cocotier domestiqué a un tronc robuste et de gros fruits qui ne peuvent survivre longtemps dans l'eau de mer à cause de leur bourre et de leur coque moins épaisses et de leur germination plus rapide. Le tout début de la dissémination du cocotier domestiqué a coïncidé avec les migrations de populations d'Asie du Sud-Est vers le Pacifique et l'Inde, il y a de cela 3000 ans. Là où les cocotiers sauvages étaient déjà présents, les introgressions avec les types domestiqués ont été possibles, puisqu'ils restaient compatibles. Par la suite, les navigateurs polynésiens, malais et arabes jouèrent un rôle important dans la dispersion du cocotier dans le Pacifique, en Asie et en Afrique de l'Est. Le cocotier est vraiment devenu pantropical au XVI[e] siècle une fois que les explorateurs européens l'eurent introduit en Afrique de l'Ouest, aux Caraïbes et sur la côte atlantique de l'Amérique tropicale. Il est planté dans toutes les basses terres d'Afrique tropicale, essentiellement sur les côtes dans les zones humides.

Usages Le cocotier a été surnommé "arbre de vie", car c'est une source précieuse d'une multitude de produits très utiles. Pour l'extraction familiale de l'huile, on fait bouillir un mélange d'albumen frais râpé et d'eau, puis on écume l'huile qui remonte en surface. Pour la production industrielle, on fait d'abord sécher l'albumen pour obtenir du coprah avant de l'apporter à l'huilerie pour l'extraction. L'huile de première catégorie est utilisée en cuisine ou dans la confection de margarine, de matière grasse, de lait condensé, de crèmes glacées et de sucreries. En revanche, l'huile de seconde catégorie est transformée en savons, détergents, cosmétiques, shampooings, peintures, vernis et produits pharmaceutiques. Le reste, qui se compose d'acides gras, d'alcools et de leurs esters méthyliques, entre dans la fabrication d'émulsifiants et de tensioactifs. Le tourteau ou farine de coprah est un bon produit d'alimentation animale.

Le lait ou crème de coco, obtenu par pression d'un mélange d'albumen frais râpé et d'eau, est un ingrédient traditionnel de nombreux produits alimentaires et pâtisseries, en Afrique et surtout en Asie. Il est désormais également vendu en conserve sous forme pasteurisée et homogénéisée ou bien en poudre. Le lait écrémé en poudre, obtenu après avoir fait bouillir du lait de coco frais et retiré l'huile en surface, contient 25% d'amidon hydrolysé et peut se transformer en boisson, une fois additionné d'eau. Les protéines peuvent être séparées par ultrafiltration et séchées par atomisation, ce qui donne une poudre blanche parfaitement adaptée à l'alimentation des nourrissons. L'albumen frais, râpé ou émincé et déshydraté, constitue un accompagnement très prisé ; il est aussi très utilisé en confiserie, boulangerie et restauration rapide.

L'eau présente dans la cavité des jeunes noix est agréable à boire, rafraîchissante et très appréciée. De nos jours, on la trouve également en conserve dans le commerce sans que son goût si caractéristique en soit altéré. L'albumen des jeunes spécimens, tendre et gélatineux, est une friandise, consommé tel quel ou râpé et mélangé aux aliments. L'haustorium ou "pomme" qui remplit la cavité de la noix de coco en germination est également comestible. L'albumen liquide des noix mûres permet d'obtenir un dessert fermenté gélatineux connu sous le nom de "nata de coco" (crème de coco) aux Philippines.

La coque (endocarpe) qui recouvre la graine peut être transformée en ustensiles pour la maison et en objets décoratifs, en charbon de bois (qui peut être activé) ou utilisée directement comme combustible. Finement moulue, elle sert de mastic pour les colles à la résine et les poudres de moulage. La bourre verte (mésocarpe) donne, après rouissage, un coïr blanc (fibres jaunes) dont on fait des cordages, des tapis, des paillassons et des géotextiles. Le coïr brun issu de la bourre des fruits mûrs sert à la fabrication de brosses (fibres longues), de matelas, de tapisserie d'ameublement et de panneaux de particules (fibres courtes). La poussière de coïr ou tourbe de coco rentre dans la composition de mélanges pour le jardinage (capacité de rétention d'eau de 700–900%), de matériaux légers de construction, d'isolants thermiques, d'adhésifs et de liants.

On entaille les inflorescences encore fermées pour en recueillir un jus sucré qui contient environ 15% de saccharose. Consommé frais, c'est une boisson raffraîchissante (appelée "toddy" en Inde) qui, une fois fermentée, donne un vin légèrement alcoolisé. Le vinaigre est un produit dérivé de ce vin de palme. Si l'on fait bouillir le jus frais, on obtient du sirop de palme ou du sucre. La distillation du vin de palme permet d'obtenir une boisson fortement alcoolisée : l' "arak".

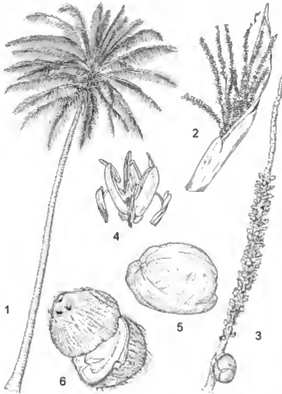
Les feuilles sont utilisées en couverture de toitures ; les folioles sont tressées et permettent la confection de nattes, de paniers, de sacs et de chapeaux ; avec les folioles immatures, on fait des décorations traditionnelles ainsi que de petits sacs ou des récipients alimentaires ; quant aux nervures médianes des folioles, elles se transforment en balais. Le cœur du palmier, qui se compose des tissus blancs et tendres des plus jeunes feuilles non ouvertes à l'apex du tronc, est considéré comme un mets de choix. Ce sont les jeunes cocotiers (âgés de 3–4 ans) qui ont le cœur le plus lourd, pesant 6–12 kg.
Le bois des vieux palmiers est très dur, mais on peut scier un tronc récemment abattu avec une lame de scie spéciale au carbure de tungstène. Il y a lieu d'imprégner le bois de sciage s'il doit être utilisé en construction ou en extérieur. Le bois de cocotier convient aussi pour le mobilier, les ustensiles domestiques et les manches d'outils.
On attribue des usages médicinaux au cocotier. Les racines sont réputées antipyrétiques et diurétiques. Le lait du jeune palmier est diurétique, laxatif, antidiarrhéique et sert de contre-poison. L'huile sert à soigner les maladies cutanées, le mal de dents et, mélangée à d'autres médicaments, à préparer des embrocations.
L'arbre est également utilisé comme ornemental. Avec ses troncs souvent inclinés et ses cimes gracieuses bordant une plage de sable blanc devant une mer bleue, il symbolise les tropiques.

Production et commerce international Au niveau mondial, la production annuelle moyenne pour 2002–2004 était estimée à environ 58 000 millions de noix de coco, soit l'équivalent de 10,5 millions de t de coprah, pour une superficie de 11,8 millions d'ha dans 93 pays. Le coprah extrait d'environ 55% de l'ensemble des noix est destiné au commerce et produit chaque année quelque 3,3 millions de t d'huile et 1,8 million de t de farine de coco, les noix restantes étant autoconsommées ou encore vendues comme noix de coco vertes pour la boisson. Le cocotier est principalement une culture de petits paysans et seulement près de 6% de la superficie totale provient de grands domaines. L'Asie et le Pacifique représentent 86% de la production mondiale, l'Amérique latine et les Caraïbes 10% et l'Afrique 3% (6% de la superficie cultivée). Les principaux producteurs sont l'Indonésie (30% de la production mondiale), les Philippines (23%) et l'Inde (17%). Selon les estimations, les principaux pays producteurs en Afrique sont : la Tanzanie 310 000 ha, le Mozambique 70 000 ha, le Ghana 55 000 ha, le Nigeria 50 000 ha, Madagascar 33 000 ha et la Côte d'Ivoire 30 000 ha.
Avec près de 2,1 millions de t d'huile commercialisés chaque année, le cocotier est la 7e source d'huile végétale dans le monde. Il occupe une place à part sur le marché à côté de l'huile de palmiste en tant que principale source d'huile laurique. Les Philippines exportent environ 80% de leur production nationale d'huile de coprah contrairement à l'Indonésie, qui n'en exporte que 20–30%, et à l'Inde, qui n'en exporte quasiment pas. Environ 50% de la farine de coco produite chaque année dans le monde est exportée, dont quelque 500 000 t par les Philippines et 300 000 t par l'Indonésie.

Propriétés Les fruits frais et mûrs pèsent 1,1–2,5 kg et se composent d'une enveloppe fibreuse (exocarpe et mésocarpe) : 30–45%, d'une coque (endocarpe) : 14–16%, d'un albumen : 25–33% et d'eau libre qui remplit la cavité : 13–25%. L'albumen frais contient 35–52% d'eau ; un coprah de bonne qualité renferme 63–68% d'huile, pas plus de 6% d'eau et moins de 1% d'acides gras libres. La composition approximative du coprah séché par 100 g de partie comestible est : eau 3 g, énergie 2761 kJ (660 kcal), protéines 7 g, lipides 65 g, glucides 24 g, fibres 16 g, Ca 26 mg, Mg 90 mg, P 206 mg, Fe 3 mg, Zn 2 mg, vitamine A 0 mg, thiamine 0,06 mg, riboflavine 0,1 mg, niacine 0,6 mg, vitamine B_6 0,3 mg, folates 0 mg, acide ascorbique 1,5 mg. La composition en acides gras de l'huile de coprah est : acide caproïque 0,6%, acide caprylique 7,5%, acide caprique 6%, acide laurique 45%, acide myristique 17%, acide palmitique 8%, acide stéarique 3%, acide oléique 6%, acide linoléique 2% (USDA, 2006). Plus de 90% des acides gras sont saturés. L'acide laurique est une source d'énergie facilement digestible et un précurseur de la monolaurine, lipide antimicrobien stimulant du système immunitaire chez l'homme. Il n'est pratiquement pas stocké dans les tissus du corps.
Le lait de coco contient approximativement : lipides 15–35%, protéines 3% et glucides 2% ; le lait de coco en poudre : lipides 60%, protéines 7% et glucides 27% ; le lait écrémé séché en poudre : lipides 6%, protéines 24% et glucides 25% ; la poudre de protéines de noix de coco séchée (par atomisation) : protéines 59%. Le tourteau contient : lipides 6%, protéines 21%, glucides 49% et fibres brutes 12%.
Le bois de cocotier, connu sous le nom de "bois de coco" dans le commerce, a une densité de base de 400–600 kg/m³, la partie périphérique

en anneau de la base allant jusqu'à 850 kg/m³. C'est un bois qui convient pour les constructions car il est d'une solidité moyenne à élevée et est dépourvu de nœuds.

Description Palmier non ramifié atteignant 30 m de haut, à couronne terminale de feuilles ; racines situées principalement dans le premier 1,5 m du sol, atteignant normalement environ 6 m × 1 cm mais jusqu'à 30 m de long dans des conditions de sol optimales ; tronc cylindrique, érigé, souvent courbé ou incliné, jusqu'à 40 cm de diamètre mais à base renflée atteignant 60 cm, gris pâle, nettement cerné par les cicatrices des bases foliaires. Feuilles disposées en spirale, composées pennées, de 4,5–6(–7) m de long, avec 25–35 feuilles déroulées par plante ; pétiole trapu à base fibreuse et engainante, faisant environ un quart de la longueur totale de la feuille, cannelé au-dessus, arrondi au-dessous ; folioles 200–250, linéaires-lancéolées, de 50–120 cm × 1,5–5 cm, plissées une fois longitudinalement à la base, à apex aigu, disposées régulièrement sur un seul plan. Inflorescence de 1–2 m de long, à l'aisselle des feuilles, enserrée par une grande bractée lorsque jeune, composée de 40 épis disposés en spirale, portant chacun 200–300 fleurs mâles et 1 à quelques fleurs femelles à la base. Fleurs unisexuées, régulières, 3-mères ; fleurs mâles par 1–3, sessiles, de 0,5–1,5 cm de diamètre, jaune pâle, à 3 petits sépales, 3 pétales plus grands, 6 étamines en 2 verticilles et à pistil rudimentaire ; fleurs femelles solitaires, beaucoup plus grandes que les fleurs mâles, globuleuses en bouton, ovoïdes à l'anthèse, de 2–3 cm de diamètre, enveloppées par 2 petites bractéoles écailleuses, sépales 3 et pétales 3, presque orbiculaires, presque égaux, persistants et se dilatant dans le fruit, à gros ovaire 3-loculaire, à 3 stigmates triangulaires sessiles et 3 nectaires près de la base de l'ovaire. Fruit : drupe globuleuse, ovoïde ou ellipsoïde, légèrement 3-gone, de 20–30 cm de long, pesant jusqu'à 2,5 kg, monosperme ; exocarpe très fin, de 0,1 mm d'épaisseur, lisse, vert, d'un orange éclatant, jaune à ivoire à maturité, virant au gris-brun chez les fruits âgés ; mésocarpe ("bourre") fibreux, de 4–8 cm d'épaisseur, brun pâle ; noyau (appelé "noix") ovoïde, de 10–15 cm de diamètre, endocarpe ("coque") de 3–6 mm d'épaisseur, ferme, pierreux, brun foncé, légèrement 3-gone à 3 stries longitudinales et à 3 grands pores, légèrement enfoncés ("yeux") à la base. Graines à fin testa marron étroitement apprimé à l'endocarpe et adhérant fermement à l'albumen ferme, blanc, huileux ("chair"), de 1–2 cm d'épaisseur, embryon de 0,5–1 cm de long, avec une grande cavité au centre de la graine.



Cocos nucifera – *1, port de l'arbre ; 2, jeune inflorescence ; 3, rameau de l'inflorescence ; 4, fleur mâle ; 5, fruit ; 6, noyau ouvert ("noix").*
Source: PROSEA

Autres données botaniques *Cocos nucifera* est la seule espèce du genre *Cocos*. Il n'existe pas de classification universellement reconnue pour la grande variabilité du cocotier. Les types dont on pense qu'ils sont d'origine naturelle sont désignés sous le nom de "Niu kafa" (à fruits longs, anguleux, à mésocarpe épais, flottant facilement, de grande viabilité et à germination lente) ; ceux qui, pense-t-on, se sont développés en culture sont les types "Niu vai" (à fruits globuleux, à mésocarpe plus fin, ne flottant pas facilement, à albumen épais et à germination rapide). Ces expressions, "Niu kafa" et "Niu vai", sont polynésiennes. Là où ces 2 types rentrent en contact, il y a introgression.

Jusqu'ici, les cocotiers cultivés ont été classés en 2 groupes : les types grands et les types nains. Plus de 95% de la cocoteraie mondiale appartiennent au premier groupe, dans lequel on peut citer les cultivars suivants : 'Malayan Tall', 'Rennell Island Tall', 'Vanuatu Tall', 'Jamaican Tall', 'West African Tall' et 'East African Tall'. Quant au second groupe, il est rare mais il en existe différents écotypes. Il se ca-

ractérise par une croissance plus faible et un lent accroissement en hauteur ; un tronc mince presque sans épaississement de la base ; des feuilles, des inflorescences et des fruits plus petits ; une précocité des inflorescences et leur succession rapide ; enfin un taux élevé d'autogamie. On a du mal à comprendre l'hérédité du nanisme mais les hybrides sont généralement des intermédiaires entre les parents grands et les nains, quant à l'augmentation en hauteur et à d'autres caractéristiques. Il existe trois types différents de cultivars nains : le "Niu leka" originaire de Fiji qui diffère des types grands uniquement par ses entre-nœuds très courts de même que par ses feuilles courtes et rigides ; les types de taille moyenne comme 'Malayan Dwarf' originaire d'Indonésie, 'Gangabondam' d'Inde et 'King' du Sri Lanka ; enfin, les petits cultivars nains que l'on trouve dans plusieurs pays. Les types nains se distinguent aussi par la couleur du pétiole de la feuille chez les jeunes individus : vert, jaune et rouge (orangé ou doré).

Les fruits de 'Makapuno' originaire des Philippines et de 'Kelapa Kopjor' d'Indonésie ont un albumen qui remplit presque entièrement la cavité de la graine. L'albumen est mou, a une saveur particulière et est considéré comme une friandise. Les fruits ne germent pas, mais les embryons peuvent être cultivés in vitro. Ce caractère peut apparaître chez tous les cultivars grands.

Croissance et développement Les fruits mûrs de la plupart des cultivars commencent à germer peu de temps après la récolte. L'embryon grossit et la partie apicale émerge de la coque. Parallèlement, le cotylédon se transforme en haustorium. La racine primaire se dégage de la masse apicale, suivie de la plumule. Au fur et à mesure de la croissance, elles transpercent l'enveloppe fibreuse de deux côtés opposés. La levée de la pousse se fait 8 semaines environ après que les noix de coco ont été placées en lit de semis, puis 5 semaines plus tard, les premières feuilles commencent à s'ouvrir. Elles augmentent de taille mais restent entières jusqu'à ce que la jeune plante compte 7–10 feuilles, ce qui demande un an en général. Les feuilles suivantes deviennent peu à peu composées pennées.

Les cultivars grands produisent une dizaine de feuilles au cours de la première année, contre 14 pour les nains. Les années suivantes, des feuilles plus grandes et plus nombreuses sont formées jusqu'à ce que la taille maximale ait été atteinte et le taux de production annuelle se stabilise alors à 12–18 feuilles pour les grands et les hybrides et à 20–22 feuilles pour les nains. Etant donné qu'une feuille de cocotier grand reste sur l'arbre environ 2,5 ans après son apparition, le nombre des feuilles de la couronne plafonne à 30–35 au bout de 6 ou 7 ans. La période entre l'initiation foliaire et la sénescence est de près de 4 ans.

Le système racinaire compte 2000–4000 racines adventives par individu. Les racines pourries sont remplacées régulièrement, les nouvelles sortent de la partie supérieure de la base renflée du tronc.

Le développement régulier à la fois de la canopée et du système racinaire est bien adapté à l'environnement constant des basses terres tropicales humides. Les longues périodes de croissance des organes importants privent l'arbre d'une certaine flexibilité vis-à-vis du stress à court terme. En conditions défavorables, la floraison et la fructification sont considérablement affectées, ce qui induit de petites inflorescences et un nombre réduit de fleurs femelles, des inflorescences avortées, une réduction de la fructification, de la taille et du contenu des noix, de même qu'une chute prématurée des fruits et un rétrécissement du tronc. On l'aura compris, le stress modifie bien plus le rendement que la croissance. La taille des nouvelles feuilles et des racines a été fixée bien à l'avance et ne peut s'adapter aux périodes de stress à court terme. Après un stress de longue durée, la sortie des feuilles marque le pas, ce qui réduit encore le rendement, puisque l'apparition des inflorescences suit celle des feuilles qui les sous-tendent.

Au stade de la rosette, le bourgeon terminal continue à grossir jusqu'à ce que la taille des initiations foliaires reflète les conditions de croissance du moment ; ensuite débute la formation du tronc. Lorsque l'espacement est réduit, la croissance en hauteur augmente au détriment de la floraison et de la fructification. Précocité et rendement vont de pair avec la formation foliaire annuelle, puisque une inflorescence apparaît à l'aisselle de chaque feuille. De là vient que les types nains aient un rendement supérieur et plus précoce que les types grands. Chez ces derniers, la première floraison a lieu au bout de 5–7 ans, contre 2 ans chez les types nains, et chez les hybrides nains × grands 3–4 ans après la germination. Les conditions de croissance ont une grande incidence dans ce domaine. Les cocotiers peuvent vivre plus de 100 ans, mais les rendements les plus élevés sont généralement obtenus à l'âge

de 10–20 ans chez les types grands et quelques ans plus tôt chez les types nains et hybrides. Dans les cocoteraies du littoral tanzanien, les rendements s'élèvent lentement jusqu'à ce que les arbres aient atteint 20 ans, pour s'accélérer jusqu'à ce qu'ils en aient 40 et enfin décliner lorsqu'ils ont atteint 50 ans. Il est recommandé de replanter lorsque les arbres ont 60–70 ans.
Durant la première phase de l'anthèse, qui s'étale sur 16–22 jours, seules les fleurs mâles s'ouvrent progressivement du sommet jusqu'à la base des épis supérieurs et vers le bas jusqu'aux épis les plus bas. Chaque fleur mâle s'ouvre, répand son pollen et tombe en l'espace de 2 jours. La première fleur femelle au sommet du spadice devient réceptive environ 3 semaines (chez les types grands) ou 1 semaine (chez les types nains) après l'ouverture de la bractée engainante, et les stigmates de la dernière fleur femelle brunissent 5–12 jours plus tard. Les fleurs femelles sont nectarifères et odorantes. La pollinisation est à la fois entomophile et anémophile. Chaque fleur femelle demeure réceptive pendant 2–3 jours.
Les types grands sont généralement allogames car les phases mâles et femelles ne se chevauchent pas, alors que chez les types nains l'autogamie est fréquente car elles se superposent fortement. L'autofécondation peut aussi se produire lorsque la phase femelle d'une inflorescence empiète sur la phase mâle d'une seconde inflorescence du même individu. Entre 50–70% des fleurs femelles avortent au cours des deux premiers mois à cause d'une faible fécondation ou pour des raisons physiologiques. Les fruits sont mûrs 11–12 mois après l'anthèse, mais peuvent rester sur l'arbre jusqu'à 15 mois.

Ecologie Le cocotier est essentiellement une culture des tropiques humides. Il s'adapte relativement facilement à la température et à l'apport d'eau et est tellement apprécié qu'on le trouve encore fréquemment aux confins de sa zone écologique. Ses besoins en soleil dépassent les 2000 heures/an, avec une limite inférieure probable de 120 heures/mois. La température annuelle moyenne optimale est estimée à 27°C avec des variations diurnes moyennes de 5–7°C. Pour obtenir de bons rendements, une température mensuelle moyenne minimale de 20°C est nécessaire. Des températures inférieures à 7°C peuvent nuire gravement aux jeunes arbres, mais les cultivars diffèrent dans leur tolérance aux basses températures. S'il est vrai que la plupart des cocotiers sont plantés dans des zones où l'altitude ne dépasse pas 500 m, ils peuvent toutefois prospérer au-dessus de 1000 m, bien que des températures basses compromettent leur croissance et leur rendement.
En règle générale, le cocotier pousse dans des régions où les précipitations sont de 1000–2000 mm, uniformément réparties sur l'année et où l'humidité relative est élevée, mais il peut survivre en zones plus sèches pourvu que l'humidité du sol soit suffisante. Grâce à ses feuilles demi-xérophiles, il est capable de réduire ses pertes en eau, ce qui lui permet de tolérer la sécheresse pendant plusieurs mois.
Le cocotier pousse sur une grande variété de terrains, allant des sols grossièrement sablonneux aux sols argileux, à condition qu'ils soient bien drainés et aérés. C'est une plante halophyte qui tolère bien la salinité du sol. Il peut se développer sur des sols ayant des pH très variés, mais c'est au pH de 5,5–7 qu'il pousse le mieux.

Multiplication et plantation Le cocotier se multiplie par graines, et celles-ci sont récalcitrantes. Le coefficient de multiplication est faible, un arbre ne produisant en général pas plus de 100–150 noix de semence par an. Bien que les plantes puissent être régénérées par embryogenèse somatique, les différences génotypiques des taux de formation d'embryon et les difficultés rencontrées dans l'endurcissement des plantes cultivées in vitro ont freiné jusqu'à présent la pratique de méthodes de multiplication clonale à grande échelle. La culture in vitro d'embryons excisés est également possible. Elle permet de résoudre les restrictions dues à la quarantaine végétale et trouve des applications dans les échanges internationaux de ressources génétiques.
On laisse généralement les noix de semence se reposer un mois après la récolte. Elles sont conservées dans des planches de germination d'où sont extraits des plants de même taille qui sont ensuite repiquées dans des sacs de polyéthylène ou en planches de pépinière. La méthode du sac en polyéthylène et l'apport régulier d'engrais ont largement remplacé les plants à racines nues élevés en planches. Les plants qui ont entre 5–8 mois sont transplantés au champ. Ils pourraient très bien rester plus longtemps en planche de pépinière, mais souffriraient alors d'un choc plus grand lors de la transplantation. Le cocotier est planté le plus souvent selon un espacement de 8–10 m × 8–10 m, en triangle ou en carré. Les cultivars nains sont plantés à un espacement de 6–7 m × 6–7 m. On peut avoir recours à la plantation en haies

pour faciliter la culture associée mais la symétrie radiale de la disposition des feuilles ne tolère pas les formes extrêmes de culture en lignes. Nombre d'agriculteurs préfèrent un plus grand espacement afin d'éviter la concurrence entre les arbres. La couronne ouverte laissant également filtrer une bonne partie de la lumière incidente, le cocotier convient bien à la culture associée. Il est parfois cultivé en association avec le cacao et le café. Même si une telle pratique se fait en général au détriment des rendements en coprah, le revenu provenant à la fois des cocotiers bien fumés et de la culture associée dépasse largement celui qu'engendreraient les seuls palmiers. Ceux-ci se trouvent également en culture mixte avec par exemple l'hévéa, le manguier, l'anacardier, les agrumes et le bananier. Des pâturages sont quelquefois établis sous les palmiers pour être utilisés en gestion combinée (cultures et élevage). On cultive aussi parfois des engrais verts. Néanmoins, pâturages et plantes de couverture ne peuvent être cultivés et conservés que si les pluies sont suffisamment abondantes. Les cultures dérobées comme le riz, le maïs, l'éleusine, la patate douce, le manioc, les légumes et les épices sont souvent pratiquées jusqu'à ce que les palmiers entrent en production. Il ne faut pas les installer à moins de 2 m des cocotiers.

Gestion Le désherbage est essentiel, surtout pour les jeunes individus. L'épandage d'engrais est nécessaire, en particulier sur les sols cultivés depuis longtemps, mais c'est une chose que les petits exploitants font rarement en raison du manque de moyens financiers. Si les carences en éléments nutritifs réduisent nettement la croissance et le rendement, on peut constater en l'espace d'un an les effets positifs non seulement de l'apport d'engrais organique et inorganique mais aussi d'autres pratiques culturales telles que les plantes de couverture et les engrais verts. En tête des éléments nutritifs nécessaires au cocotier, on trouve le potassium et le chlore, suivis par l'azote, le phosphore et le soufre. L'analyse foliaire est un procédé reconnu et rapide permettant de déterminer les besoins en engrais de l'arbre. L'exportation annuelle d'éléments nutritifs d'un ha de cocotiers, produisant 7000 noix (1,0–1,3 t de coprah), est d'environ 49 kg N, 16 kg P_2O_5, 115 kg K_2O, 5 kg Ca, 8 kg Mg, 11 kg Na, 64 kg Cl et 4 kg S. Les engrais organiques présentent l'avantage supplémentaire d'améliorer la texture du sol, la capacité de rétention en eau, la capacité d'échange cationique et la microflore du sol, sans toutefois pouvoir d'ordinaire compenser convenablement l'exportation d'éléments nutritifs, de K notamment. A titre d'exemple, on recommande comme apport d'engrais inorganique par an et par cocotier un mélange composé de 0,4 kg N, 0,3 kg P_2O_5, 1,2 kg K_2O, 0,2 kg S et 0,9 kg Cl, répandu en cercle autour de l'arbre (à 1,0–1,5 m du tronc) et fractionné en 2 applications, au début et à la fin de la saison des pluies. Les doses d'engrais dépendent des conditions locales. Tant l'analyse foliaire que pédologique aident à déterminer les besoins en éléments nutritifs des arbres. L'irrigation est pratiquée de temps en temps en zone sèche lorsqu'on dispose d'eau ; on peut aussi employer de l'eau de mer occasionnellement pour autant que la teneur en sel du sol ne devienne pas excessive.

Maladies et ravageurs De nombreuses maladies touchent le cocotier. Parmi les menaces graves qui pèsent sur la production mondiale de noix de coco, citons le jaunissement mortel dans les Caraïbes et les maladies de type jaunissement mortel, comme les flétrissements de Kalimantan et de Natuna et le jaunissement de Sulawesi (Indonésie), le flétrissement de Malaisie, le flétrissement de Socorro (Philippines), la maladie et le flétrissement racinaire de Tatipaka (Inde), la brûlure foliaire (Sri Lanka), la maladie d'Awka (Nigeria), le flétrissement du Cap St. Paul (Ghana), la maladie de Kaincopé (Togo), la maladie de Kribi (Cameroun) et la maladie mortelle (Kenya, Tanzanie et Mozambique). Dans tous les cas, les responsables sont bien des phytoplasmes apparentés mais différents, comme les tests de diagnostic moléculaire le confirment. D'une manière générale, les symptômes des maladies du jaunissement sont les suivantes : brunissement et effondrement des feuilles de la flèche (complètement développées, mais encore pliées), jaunissement des feuilles arrivées à maturité, effondrement des racines, chute prématurée des noix, mort du bourgeon et enfin de l'arbre. Le vecteur probable de la maladie du jaunissement mortel est une cicadelle (*Myndus crudus*), mais dans tous les autres cas les insectes incriminés en tant que vecteurs n'ont pas encore été déterminés de façon catégorique. Il se peut que le brunissement et la pourriture sèche du bourgeon dans les pépinières de cocotiers de Tanzanie soient également dues à un phytoplasme. Pour lutter contre ces maladies, il faut notamment éliminer les arbres contaminés, placer les végétaux en quarantaine et développer la résistance de l'hôte. Les palmiers grands sont géné-

ralement sensibles. 'Malayan Dwarf' est particulièrement résistant au jaunissement mortel, tandis que 'Pemba Red Dwarf' s'avère résistant à la maladie mortelle d'Afrique de l'Est.

Le flétrissement du Kerala, probablement causé par un virus, est une maladie grave en Inde. Le cadang-cadang, provoqué par le viroïde du cadang-cadang (CCVD), est une maladie dévastatrice notamment des palmiers en fleurs aux Philippines. Sur l'île de Guam, le cocotier est infesté par une maladie semblable au cadang-cadang, également provoquée par un viroïde.

La pourriture du bourgeon se rencontre partout dans le monde et est provoquée par *Phytophthora palmivora*, un champignon transmis par le sol qui apprécie la forte humidité. Il entraîne le pourrissement des feuilles de la flèche et du bourgeon terminal. On peut l'endiguer en plantant les palmiers selon un espacement plus grand, en aérant et en drainant mieux le sol et en désherbant. La pourriture du bulbe basal du tronc quant à elle est provoquée par une infection due au champignon *Ganoderma boninense*. Dans un premier temps, celui-ci attaque et détruit les racines, après quoi la base du tronc devient brun rougeâtre, libérant un exsudat gommeux de couleur marron. On peut prévenir cette maladie en améliorant les conditions de croissance, les techniques de production et en ayant recours à des mesures d'assainissement adaptées. Les mesures de lutte sont l'élimination des arbres infectés et l'application de fongicide. L'écoulement de sève ou le suintement d'un liquide brun rougeâtre à partir du tronc crevassé est dû à *Ceratocystis paradoxa* (*Thielaviopsis paradoxa*). Les techniques culturales jointes à un traitement du sol avec une bouillie fongicide permettent de lutter efficacement contre la maladie. La brûlure des feuilles provoquée par *Pestalotia palmarum* et la pourriture des feuilles ou la maladie des taches foliaires causée par *Drechslera halodes* (*Drechslera incurvata*) sont des maladies fongiques très répandues. Les maladies des taches foliaires dues à *Cercospora* spp. et *Helminthosporium* spp. en pépinière et dans les jeunes cocoteraies d'Afrique de l'Est peuvent être combattues avec des fongicides à base de cuivre ou avec du mancozèbe (par ex. le Dithane M45).

De nombreux insectes ravageurs attaquent le cocotier. Plusieurs espèces d'oryctes rhinocéros sont des ravageurs de la noix de coco, l'espèce prédominante en Afrique étant *Oryctes monoceros*. Ses larves creusent des galeries à travers le bourgeon apical, laissant des entailles triangulaires caractéristiques dans les feuilles déployées. Une fois que le bourgeon terminal est attaqué, le palmier meurt. Pour en venir à bout, on peut notamment éliminer les coléoptères des tunnels nourrisseurs, débarrasser la plantation des troncs morts qui servent de lieu de ponte aux insectes, et les capturer au moyen d'une phéromone d'agrégation de façon à réduire les populations. D'autres *Coleoptera* infligent de sérieux dégâts au cocotier dont *Promecotheca* spp., *Brontispa longissima* et *Rhynchophorus* spp. d'Asie et du Pacifique. Bien des chenilles se nourrissent des feuilles, comme *Hidari irava*, *Tirathaba* spp., *Setoria nitens*, *Parasa lepida* et *Artona catoxantha* (*Brachartona catoxantha*) d'Asie et *Latoia pallida* et *Latoia viridissima* d'Afrique de l'Ouest. Des solutions de *Bacillus thuringiensis* peuvent se révéler efficaces dans certains cas. Les punaises *Coreidae* (*Pseudotheraptus wayi* d'Afrique de l'Est et *Pseudotheraptus devastans* d'Afrique équatoriale) attaquent les fleurs et les jeunes fruits, provoquant la chute prématurée des noix ou l'apparition de noix déformées. Les fourmis tisserandes (*Oecophylla longinoda* d'Afrique et *Oecophylla smaragdina* d'Asie et du Pacifique) étant leur pire ennemi naturel, si l'on favorise leur colonisation des palmiers, on met ainsi en place une lutte biologique efficace contre ce ravageur. Il faut prévenir les dégâts causés par les termites (*Macrotermes bellicosus* d'Afrique de l'Ouest, *Allodontermes morogorensis* d'Afrique de l'Est) sur les plants des pépinières ou des jeunes cocoteraies en détruisant les nids à temps ou en luttant chimiquement avec de l'endosulfan ou du carbosulfan.

Récolte Les fruits du cocotier peuvent être récoltés 11–12 mois après la floraison. Un palmier peut être récolté tous les 2–3 mois, mais il faut récolter plus souvent pour les types à germination rapide. Les cultivars nains germent en 45–60 jours et doivent être récoltés chaque mois. Pour la récolte, la méthode encore la plus employée consiste à grimper au cocotier et à couper les régimes mûrs. Le ramassage des noix tombées à terre est chose aisée, mais il y a énormément de pertes en raison des attaques des rats et des vols. Il peut arriver que des noix de coco germent sur l'arbre, ce qui a pour effet d'entraîner la dégradation de l'amande et de l'huile. Dans certains pays, on utilise des cannes en bambou (longues de 25 m) au sommet desquelles est attaché un couteau destiné à couper les régimes mûrs, ailleurs ce sont des singes (*Macacus nemestrina*) que l'on dresse à la récolte des noix mûres.

Rendements Les petites cocoteraies ont des

rendements généralement de 0,5–1 t de coprah/ha (30–50 fruits/arbre). Des plantations bien gérées de cocotiers grands locaux sélectionnés peuvent atteindre des rendements de 3–4 t de coprah/ha (90–130 fruits/arbre). En Malaisie, des plantations de cocotiers nains produisent environ 1,5–2 t de coprah/ha, voire 3,5 t de coprah/ha dans des conditions favorables. Les hybrides nain × grand combinent à la fois le grand nombre de fruits des premiers avec le gros calibre des fruits des seconds et ont habituellement un potentiel de rendement supérieur à celui des parents. Des rendements expérimentaux dépassant les 6 t/ha de coprah ont été obtenus en Côte d'Ivoire et aux Philippines.

Traitement après récolte Les noix récoltées sont entreposées à l'abri jusqu'au séchage complet de la bourre. Les noix séchées sont décortiquées manuellement en les cognant et en les tordant sur une pointe d'acier fichée fermement au sol. Des machines à décortiquer ont été mises au point mais sans réel succès. Après le décorticage, les noix sont fendues en deux d'un coup de machette et l'eau s'en écoule. Les moitiés de noix sont placées dans une étuve ou dans un séchoir à air chaud indirect pendant 1–2 jours, après quoi la coque est évidée et l'albumen est séché à nouveau jusqu'à ce que sa teneur en eau soit inférieure à 6%. Le séchage au soleil est également possible mais le risque d'altération du produit est important, notamment durant les périodes humides et pluvieuses. Les moisissures qui produisent de l'aflatoxine peuvent en altérer la qualité lorsque la teneur en eau du coprah séché dépasse 12%.

L'huile de coprah est extraite du coprah (rendement environ 60%) par des méthodes à sec comme le pressage mécanique ou l'emploi de solvants. On peut aussi l'extraire de l'amande fraîche par plusieurs méthodes humides. L'huile crue est ensuite filtrée, raffinée (chimiquement ou à la vapeur) afin de réduire sa teneur en acides gras libres, décolorée (à l'aide de terres décolorantes) afin d'éliminer les pigments et enfin totalement désodorisée (neutralisation à la vapeur) pour donner une huile de cuisine incolore. Le tourteau, qui contient encore 6–10% d'huile, est réduit en farine ou transformé en granulés pour l'exportation. En cas d'extraction traditionnelle, la crème de coco obtenue en râpant l'amande fraîche est mise à bouillir doucement jusqu'à ce que l'huile remonte à la surface.

Les noix de coco entières ou décortiquées sont également vendues à des usines de dessiccation. Pour obtenir de la noix de coco déshydratée, on élimine la coque et le testa marron, puis on lave l'albumen blanc, on l'étuve, on le pasteurise, on le coupe en petits morceaux de toutes tailles et formes, on le sèche et enfin on l'empaquette.

Ressources génétiques Les cultivars locaux (écotypes) de cocotiers sont généralement des populations hétérogènes ayant quelques caractéristiques prédominantes. Des cultivars ayant des noms différents et poussant dans des endroits différents sont parfois assez similaires et peuvent avoir la même origine. Des collections de ressources génétiques sont détenues par plusieurs stations de recherche dans le monde. En 1978, le Bureau international des ressources phytogénétiques (IBPGR, maintenant IPGRI) a adopté une liste minimum de descripteurs à utiliser lors de la collecte de ressources génétiques au champ. En 1980, il a financé l'inventaire et la collecte de ressources génétiques du cocotier dans des zones prioritaires d'Asie du Sud-Est et a fourni les moyens financiers pour la collecte de cocotiers en Indonésie, pour l'installation d'un centre de ressources génétiques du cocotier aux Philippines et pour la collecte de ressources génétiques dans le Pacifique qui doivent être plantées sur l'une des îles Andaman afin de dépister la résistance à la maladie du flétrissement du Kerala pour l'Inde continentale.

Le Réseau des ressources génétiques du cocotier (COGENT), dont le secrétariat est assuré par l'IPGRI, coordonne la conservation de plus de 700 entrées dans 15 pays. Les plus importantes collections de ressources génétiques de cocotier sont celles de la PCA (Philippine Coconut Authority), du RDCIC (Research and Development Centre for Industrial Crops) d'Indonésie, de l'IPGRI (Asie, Pacifique et Océanie) de Serdang, Malaisie, du CPCRI (Central Plantation Crop Institute) d'Inde, de l'INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas) d'Irapa au Venezuela, du CNRA (Centre national de la recherche agronomique) de Côte d'Ivoire et du NCDP (National Coconut Development Programme) de Tanzanie.

La conservation de ressources génétiques en collections au champ suppose des surfaces considérables, du personnel et des frais d'entretien, et demeure tributaire des catastrophes naturelles et des maladies. La cryoconservation d'embryons et de pollen permettra un stockage à long terme sûr et peu coûteux des ressources génétiques.

Sélection Les méthodes de sélection com-

munes aux espèces allogames s'appliquent au cocotier. La longue durée d'une génération dans le cycle de sélection (plus de 10 ans), le taux de multiplication très bas (1 : 50/100), les graines à la fois grosses et récalcitrantes, ainsi que la nécessité de disposer de surfaces considérables pour les essais au champ, sont les principaux obstacles qui s'opposent à un progrès rapide de la sélection. Près de 95% de la cocoteraie mondiale plantée sont peuplés de populations issues d'une sélection massale à l'intérieur d'écotypes locaux, souvent pratiquée empiriquement par les paysans eux-mêmes.

Les critères de sélection importants sont les suivants : rendement en coprah et ses composants (nombre de fruits, teneur en coprah par fruit), précocité de la production, résistance aux maladies et tolérance à la sécheresse. L'épaisseur de l'albumen est un facteur de sélection secondaire, tandis que la quantité et la qualité de l'huile sont des facteurs relativement constants. La longueur des fibres de l'enveloppe est un critère de sélection au Sri Lanka uniquement. Le goût de l'eau de coco immature varie en fonction de l'écotype, mais n'a pas été retenu comme critère de sélection formelle jusqu'à présent.

La variance génétique du rendement et de ses composants est principalement due aux effets génétiques additifs et les hybrides supérieurs sont le fruit de l'aptitude à la combinaison générale des parents. Des méthodes de sélection récurrente (réciproque) avec des sous-populations génétiquement diverses (types nains et grands) sont désormais utilisées dans certains programmes d'amélioration génétique afin d'accroître considérablement la vigueur hybride transgressive pour le rendement chez les nouveaux cultivars. Des marqueurs moléculaires (par ex. des microsatellites) ont été récemment mis au point chez le cocotier afin d'évaluer avec précision les relations génétiques entre les sous-populations.

Les hybrides nains × grands font preuve d'une grande hétérosis en ce qui concerne le rendement et la précocité, ce qui explique pourquoi plusieurs stations de recherche axent leurs programmes de sélection sur ces hybrides depuis 1960. Quelque 400 hybrides ont fait l'objet d'essais aux quatre coins du monde au cours des 35 dernières années ; environ 10 d'entre eux au niveau international à divers endroits. Le centre de recherche sur le cocotier de Port Bouet en Côte d'Ivoire a testé 123 hybrides, dont 35 produisaient 65% de plus que le cultivar standard 'West African Tall'. Le rendement de quatre hybrides était même plus de deux fois supérieur (3,4–4,5 t/ha de coprah), y compris le 'PB121' ('Malayan Yellow Dwarf' × 'West African Tall') qui a été largement planté en Asie du Sud-Est également. La résistance de l'hôte aux principales maladies est une priorité dans certaines régions, mais les sources de résistance, par ex. à la maladie de cadang-cadang aux Philippines, ne sont pas toujours disponibles.

Les croisements destinés à la sélection s'effectuent par fécondation manuelle après castration et ensachage des inflorescences. Le pollen récolté sur le parent mâle peut être conservé (sec et sous vide) pendant longtemps. La production de graines à grande échelle repose sur la fécondation d'inflorescences préalablement castrées (non ensachées) dans des jardins à graines isolés, plantés exclusivement avec le parent femelle du cultivar hybride (généralement un type nain). Un hectare de ce type de jardin produit chaque année suffisamment de graines pour replanter 50–60 ha. La production de graines hybrides est relativement onéreuse et nécessite de vastes étendues de terre. On estime que 15% de tous les cocotiers plantés au cours des dix dernières années sont des hybrides. Parmi les cultivars hybrides largement plantés, on trouve les séries 'KB' et 'KHINA' d'Indonésie, la série 'PCA 15' des Philippines et la série 'PB' (comme 'PB121') de Côte d'Ivoire.

Perspectives Certains des plus récents cultivars hybrides nains × grands pourraient produire plus de 6 t/ha de coprah par an (3,7 t d'huile), mais il ne semble pas qu'un bel avenir soit promis à long terme au cocotier en tant que culture de plantation. En effet, l'huile de coprah se heurte d'ores et déjà à la concurrence de plus en plus forte de l'huile de palmiste au niveau mondial ; en outre, il se pourrait bien que l'une comme l'autre soit tôt ou tard en partie remplacée par les huiles lauriques issues de soja et de *Brassica* génétiquement modifiés. Cela étant dit, en tant que culture de petits paysans sur les côtes tropicales, le cocotier continuera d'être une source très importante de nombreux aliments et d'autres produits. Parfois, il constitue presque la seule espèce à pouvoir être cultivée dans l'écosystème local (par ex. dans certaines îles du Pacifique). Le marché mondial qui se développe rapidement en faveur de produits sains et respectueux de l'environnement devrait offrir de nouveaux débouchés au commerce d'exportation. Toutefois, il faudrait pour cela mettre en œuvre une commercialisation avisée, approfondir les recherches

sur la viabilité économique des systèmes de production des petits paysans (par ex. renouvellement de la plantation, culture en association ainsi que lutte biologique contre les maladies et les ravageurs) et sur des technologies de transformation innovantes qui permettraient aux industries locales de confectionner, à partir du cocotier, des produits diversifiés adaptés au marché international.

Références principales Batugal & Rao (Editors), 1994; Bourdeix et al., 1997; Haas & Wilson (Editors), 1985; Harries, 1995; Harrison & Jones, 2003; Lebrun et al., 2003; Ohler (Editor), 1999; Ohler & Magat, 2001; Perera et al., 2003; Rethinam, 2004; Schuiling et al., 1992.

Autres références Adkins et al., 2002; Arancon Jr, 1997; Child, 1974; Menon & Pandalai, 1958; Mwinjaka et al., 2000; Oehlschlager, 2004; Perry, 1980; Tsai & Harrison, 2003.

Sources de l'illustration Ohler & Magat, 2001.

Auteurs H.A.M. van der Vossen & G.S.E. Chipungahelo

CRAMBE HISPANICA L.

Protologue Sp. pl. 2 : 671 (1753).

Famille Brassicaceae (Cruciferae)

Nombre de chromosomes $2n$ = 30, 60, 90.

Synonymes *Crambe abyssinica* Hochst. ex R.E.Fr. (1914).

Noms vernaculaires Crambé, crambé d'Abyssinie, chou d'Abyssinie (Fr). Crambe, Abyssinian mustard, Abyssinian kale, colewort (En).

Origine et répartition géographique *Crambe hispanica* existe naturellement en Europe méditerranéenne, au Maroc, et au Moyen-Orient. Sa répartition naturelle s'étend jusqu'aux hauts plateaux d'Ethiopie, Erythrée, Ouganda, Kenya, Tanzanie, Rwanda et les régions les plus à l'est de la R.D. du Congo. En Ethiopie, il est traditionnellement cultivé à petite échelle comme plante médicinale et accessoirement comme culture oléagineuse. Le crambé a d'abord été expérimenté comme culture oléagineuse dans l'ancienne URSS dans les années 1930. Depuis là, l'intérêt pour le crambé comme nouvelle culture alternative s'est étendu à la Suède et la Pologne et plus tard à d'autres régions d'Europe, à l'Amérique du Nord et à la Chine. Ainsi, le crambé s'est développé comme une culture oléagineuse des régions tempérées froides bien qu'il soit naturellement présent dans les régions subtropicales et tropicales.

Usages On cultive le crambé pour l'huile de sa graine riche en acide érucique. L'huile de crambé est utilisée industriellement comme lubrifiant et agent de refroidissement. L'acide érucique est aisément modifié et ses dérivés chimiques sont des matières premières de choix dans la production de lubrifiants (érucamide), plastifiants, surfactants, inhibiteurs de corrosion, additifs de caoutchouc, nylons, peintures, fluides hydrauliques et fluides diélectriques, produits pharmaceutiques et cosmétiques. Le tourteau, bien que riche en glucosinolates, peut être utilisé comme aliment pour les ruminants. Le tourteau est également utilisé comme fumure.
Les glucosinolates extraits de la graine sont testés pour des applications pharmaceutiques. En Ethiopie, les fruits sont utilisés en médecine traditionnelle pour traiter les morsures de serpent. Les feuilles sont mangées au Kenya.



Crambe hispanica – sauvage

Production et commerce international Peu de données sont disponibles sur la production et le commerce de crambé. Peu après son introduction comme culture oléagineuse en Pologne, il y a été cultivé sur 25 000 ha, mais aucune donnée récente n'est disponible. Aux Etats-Unis, la production a augmenté rapidement jusqu'à atteindre 25 000 t de graines produites sur 22 500 ha en 1993, mais a décliné ensuite rapidement ; le principal centre de production de crambé est le Dakota du Nord. Les difficultés à organiser une extraction commerciale de cette huile et le manque de soutien public ont contribué à son déclin. Des statistiques récentes plus complètes ne sont pas disponibles.

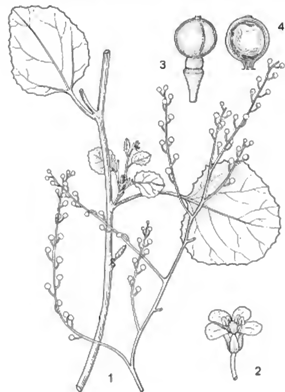
Propriétés La composition approximative de 100 g de fruit de crambé est : eau 7 g, lipi-

des bruts 33 g, protéines 17 g, fibres brutes 14 g, extrait non-azoté 23 g, cendres 5 g. Les enveloppes représentent jusqu'à 30% du poids du fruit. L'huile de crambé a la plus haute teneur en acide érucique (50–60%) de toutes les plantes cultivées ; d'autres acides gras comprennent l'acide oléique (environ 17%), l'acide linoléique (environ 9%) et l'acide linolénique (environ 5%). Presque tout l'acide érucique de l'huile de crambé est estérifié avec les atomes de carbone 1 ou 3 de la fraction du glycérol. Il peut être hydrolysé sélectivement, donnant de l'acide érucique presque pur.

La composition approximative du tourteau dégraissé à partir de graines entières est par 100 g de matière sèche : protéines 28 g, fibres brutes 22 g, extrait non-azoté 40 g, et cendres 8 g. Le tourteau à partir de graines décortiquées contient approximativement : protéines 50 g, fibres brutes 7 g, extrait non-azoté 36 g, et cendres 10 g. Le tourteau de crambé contient environ 5% de glucosinolates, qui sont des composés organiques contenant de l'azote et du soufre qui libèrent de l'acide cyanhydrique lors de leur décomposition. Le glucosinolate principal (environ 90% du total) est l'épi-progoitrine (2-hydroxy-3-butenyl glucosinolate), un stéréoisomère de progoitrine qui se trouve dans le colza. Les glucosinolates et leurs dérivés sont toxiques ou anorexigènes pour les animaux, cependant les ruminants montrent un certain degré de tolérance. Aux Etats-Unis, la Food and Drug Administration autorise l'addition de 5% de farine de crambé dans la nourriture du bétail. Des méthodes de détoxication ont été développées, mais la faible quantité d'épi-progoitrine restante dans la farine détoxiquée peut encore être toxique ou anorexigène pour les animaux monogastriques, particulièrement les porcs. Cependant, on a conclu d'essais pratiqués sur des souris que le crambé peut exercer des effets protecteurs contre la formation et la croissance de tumeurs.

Falsifications et succédanés Les huiles de *Brassica napus* L. (huile de colza) et *Brassica rapa* L. (huile de navette) contiennent toutes les deux de grandes quantités d'acide érucique. Des cultivars particulièrement riches en acide érucique ont été sélectionnés. Leur contenu en acide érucique est plus faible que celui du crambé, mais leurs rendements sont plus élevés et ils sont mieux adaptés aux climats tempérés chauds.

Description Plante herbacée annuelle, fortement ramifiée ; tige dressée, sillonnée, jusqu'à 1,5(–2) m de haut, ramifiée dans les parties supérieures, base souvent à poils épineux, parties supérieures avec des poils disséminés ou glabres. Feuilles alternes, pennatilobées, de forme et taille variables le long de la tige, de 4–15 cm de long, densément à légèrement poilues sur les deux surfaces ; stipules absentes ; pétiole des feuilles inférieures pouvant atteindre 20 cm de long, sillonné au-dessus, poilu, feuilles supérieures sessiles ou avec un pétiole court ; lobe terminal grand, ovale ou réniforme, bords irrégulièrement dentés, lobes latéraux en 1–2 paires, elliptiques, beaucoup plus petits, habituellement de 0,5–2 cm de long, parfois absents, feuilles supérieures fréquemment non-divisées, ovales à rhombiques aiguës. Inflorescence : grappe terminale ombelliforme, généralement ramifiée, jusqu'à 40 cm de long, peu poilue ou glabre, à 20–50 fleurs. Fleurs bisexuées, régulières, 4-mères ; pédicelle jusqu'à 1 cm de long, articulé ; sépales elliptiques, de 1,5–3 mm de long, verts ; pétales spatulés, à onglet court avec limbe élargi, de 2,5–6 mm de long, blancs ; étamines 6, dont 4 longues et 2 courtes, de 2–3 mm de long ; ovaire supère, constitué de 2 segments, seul le segment supérieur développant une graine. Fruit : silique en



Crambe hispanica – 1, partie inférieure et supérieure de la plante en fruits ; 2, fleur ; 3, fruit ; 4, partie supérieure du fruit en coupe longitudinale.
Redessiné et adapté par W. Wessel-Brand

2 parties, partie inférieure très courte, jusqu'à 1 mm de long, partie supérieure globuleuse à ellipsoïde, de 2–3 mm de diamètre, jaune paille, lisse, luisante, indéhiscente, à 1 graine. Graines globuleuses, brun verdâtre à brun jaunâtre ou brunes, de 1–2,5 mm de diamètre. Plantule à germination épigée.

Autres données botaniques *Crambe*, avec environ 35 espèces, est l'un des genres les plus importants de la tribu des *Brassiceae*. *Crambe hispanica* est compris dans la section *Leptocrambe* DC., conjointement avec 4 autres espèces des régions méditerranéenne et est-africaine. Dans la littérature agricole, il est généralement référencé comme *Crambe abyssinica*. Les différences (lobe terminal des feuilles inférieures réniforme à cordé et partie supérieure du fruit sans côtes dans *Crambe hispanica*, contre lobe terminal obovale à ovale-rhomboïde et partie supérieure du fruit légèrement à 4 côtes dans *Crambe abyssinica*) sont considérées comme insuffisantes pour distinguer *Crambe abyssinica* comme une espèce différente. Cependant, il est distingué comme une sous-espèce : subsp. *abyssinica* (Hochst. ex R.E.Fr.) Prina. Deux autres sous-espèces sont distinguées : subsp. *hispanica* de la région est-méditerranéenne, et subsp. *glabrata* (DC.) Cout. de la région ouest-méditerranéenne.

Croissance et développement Le crambé a des graines orthodoxes avec généralement environ 4 mois de dormance. Une fois la dormance levée, les graines mettent 1–2 semaines pour germer à des températures de 10–20°C. La germination est retardée en dessous de 8°C et inhibée en dessous de 5°C. La croissance initiale est rapide. Les plantes atteignent le stade 2 feuilles 6–12 jours après la germination et le stade 6 feuilles après 15–27 jours. Les inflorescences se développent à partir du 10–13ᵉ nœud. La floraison débute 33–42 jours après la germination. Le crambé est principalement auto-pollinisé, mais environ 15% de pollinisation est croisée. La croissance des feuilles s'arrête pratiquement peu après la floraison et l'amorce de l'anthèse coïncide généralement avec le maximum de l'indice de surface foliaire et du taux d'accumulation de biomasse. La sénescence précoce du feuillage est une des causes majeures de la faible capacité de production du crambé, surtout parce que la superficie des fruits est faible et peut intercepter au plus 25–35% de la radiation incidente. La maturité physiologique est atteinte après environ 80 jours.

Ecologie On connaît peu de choses sur la répartition naturelle de *Crambe hispanica* en Afrique tropicale. On le trouve dans les savanes herbeuses et des terrains vagues, et comme mauvaise herbe dans les champs agricoles à 1200–2600 m d'altitude. Bien que les jeunes plantes soient tolérantes à –5,5°C durant quelques heures, le gel n'est généralement pas toléré. La meilleure plage de température pour la croissance végétative est de 10–25°C, mais les températures plus élevées sont bien tolérées. On peut cultiver le crambé jusqu'à 2500 m d'altitude dans les régions tropicales si une période de 90 jours sans gel est assurée. Pour la production commerciale, une précipitation annuelle de 800–1500 mm est requise. Une fois établi, le crambé tolère des périodes de sécheresse tant que l'humidité du sol est adéquate durant la floraison et l'initiation des fruits. Une période sèche avant la maturité des fruits est bénéfique. Le crambé est plus tolérant à la sécheresse que le maïs, le soja et les moutardes. Le crambé pousse le mieux sur des sols limoneux, fertiles, bien drainés, à pH de 6,0–7,5. Les sols à faible drainage interne doivent avoir un bon drainage de surface. La formation d'une croûte en surface peut affecter sérieusement la germination et la croissance des plantules. Le crambé est modérément tolérant à la salinité.

Multiplication et plantation Le crambé est multiplié par graines. Le poids de 1000 graines est d'environ 7 g. La quantité de semences varie de 10–25 kg/ha. Un lit de semences fin et ferme est requis autant pour une germination uniforme que pour une croissance vigoureuse de la plantule. La graine est placée à une profondeur de 2 cm. L'érosion éolienne doit être évitée ou contrôlée car le sol emporté par le vent endommage facilement les plantules.

Gestion Les conseils de fumure du crambé n'ont pas encore été élaborés. Les doses recommandées pour les *Brassica* oléagineux peuvent être utilisées. Une forte densité de plantation est la meilleure manière de contrôler les mauvaises herbes précoces dans le crambé. Cependant, les mauvaises herbes peuvent se développer plus tard pendant la maturation de la culture, et causer des problèmes de récolte et d'humidité du grain. Le crambé est très sensible aux herbicides et est facilement affecté par les dérives lors de l'application d'herbicide.

Maladies et ravageurs La principale maladie du crambé en Amérique du Nord est *Alternaria brassicola*. On peut la contrôler en traitant les graines avec un fongicide ou par traitement à l'eau chaude (60°C durant 20 mi-

nutes). D'autres maladies potentielles sont le flétrissement par *Fusarium*, la pourriture blanche par *Sclerotinia*, et la pourriture par *Pythium*. La sensibilité au virus de la mosaïque du tabac (TMV) et à celui de la mosaïque du navet (TuMV) a été signalée. Les plantules peuvent être attaquées par les altises et les pucerons. Les sauterelles semblent les éviter lorsque des sources alternatives de nourriture sont disponibles.

Récolte Lorsque les fruits de crambé approchent de la maturité, les feuilles deviennent jaunes et tombent ; quelques jours plus tard, les fruits et les petites branches deviennent jaune paille. Lorsque les dernières branches portant des graines ont changé de couleur, la culture est bonne à récolter. Le moment de la récolte est important pour éviter un égrenage excessif. Le fauchage et l'andainage s'avèrent nécessaires quand la maturité est irrégulière dans le champ. Cependant, un fauchage précoce résulte en une faible teneur de l'huile en acide érucique.

Rendements Aux Etats-Unis, les rendements commerciaux de graines de crambé sont de 1300–2000 kg/ha, mais on a obtenu jusqu'à 3500 kg/ha dans des essais.

Traitement après récolte Les coûts de transport des graines de crambé sont élevés à cause de sa faible densité en vrac. Le décorticage du crambé est possible, mais plus difficile que pour les fruits des *Brassica* oléagineux, et est difficile à réaliser au champ. Le décorticage n'est pas nécessaire pour l'extraction de l'huile, mais le tourteau des fruits décortiqués a une plus grande valeur comme aliment pour le bétail. Avant extraction de l'huile, le fruit est écrasé et chauffé. Le procédé de chauffage doit être contrôlé avec soin puisqu'il a des effets majeurs sur l'appétence et la toxicité du tourteau. Ensuite l'huile est extraite par un pressage mécanique suivi par une extraction au solvant ou uniquement par extraction au solvant. Le traitement à la chaleur ou l'extraction à l'eau du tourteau peut améliorer sa qualité en réduisant sa teneur en substances antinutritionnelles et toxiques. Cependant, le tourteau traité n'est toujours adapté qu'aux ruminants.

Ressources génétiques La variabilité génétique des formes cultivées de crambé est limitée. Cependant, des croisements avec des types sauvages de *Crambe hispanica* et quelques autres espèces de *Crambe* donnent des graines viables, et des croisements expérimentaux avec *Brassica juncea* (L.) Czern. ont donné des plantes hybrides par des techniques de sauvetage d'embryon. Des collections importantes de ressources génétiques de *Crambe*, incluant *Crambe hispanica*, sont conservées au Victorian Institute of Dryland Agriculture, à Horsham, Victoria, en Australie, et à l'USDA National Seed Storage Laboratory, à Ft. Collins, Colorado, Etats-Unis.

Sélection Le rendement potentiel en acide érucique de crambé est encore faible en comparaison d'autres cultures comme *Brassica napus* L. L'objectif principal des programmes de sélection est pour cette raison d'augmenter les rendements. Les facteurs limitant le rendement potentiel incluent l'efficience photosynthétique durant la phase de remplissage du grain. On a cependant constaté que l'hérédité du rendement en graines est faible. Les cultivars enregistrés comprennent : 'Meyer', 'BelAnn' et 'BelEnzian' aux Etats-Unis, 'Galactica' en Hollande, 'Charlotte' et 'Carmen' en France.

Perspectives De grands progrès ont été réalisés dans le développement du crambé en tant que culture oléagineuse industrielle pour les régions tempérées. Il s'insère bien dans la rotation des cultures et peut être cultivé en utilisant des techniques culturales communes. Cependant, d'autres espèces produisant de l'acide érucique et des technologies pour séparer l'acide érucique de leur huile sont également développées. Les avantages du crambé sont qu'il est plus tolérant à la chaleur et à la sécheresse, résistant aux altises et qu'il peut être récolté à la moissonneuse-batteuse sans fauchage-andainage. Cependant, il ne pourra devenir un choix viable pour les agriculteurs que si la recherche peut accroître suffisamment son potentiel de rendement pour concurrencer d'autres espèces. Comme il n'y a pas d'indication quant à la sensibilité à la longueur du jour, il pourrait devenir une culture appropriée pour les hauts plateaux d'Afrique tropicale.

Références principales Endres & Schatz, 1993; Erickson & Bassin, 1990; Francois & Kleiman, 1990; Jonsell, 1982b; Lazzeri et al., 1994; Mastebroek, Wallenburg & van Soest, 1994; Mulder & Mastebroek, 1996; Wang & Luo, 1998; Wang et al., 2000; Weiss, 2000.

Autres références Barrett, Klopfenstein & Leipold, 1998; Carlson et al., 1996; Kmec et al., 1998; Lessman, 1990; Prina, 2000; Seegeler, 1983; Warwick & Gugel, 2003.

Sources de l'illustration Maire, 1965; Prina, 2000.

Auteurs L.P.A. Oyen

ELAEIS GUINEENSIS Jacq.

Protologue Select. stirp. amer. hist. : 280 (1763).

Famille Palmae (Arecaceae)

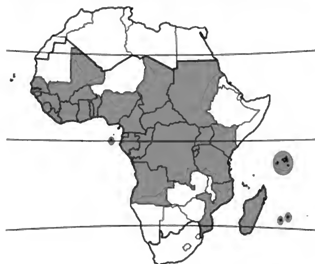
Nombre de chromosomes $2n = 32$

Noms vernaculaires Palmier à huile (Fr). Oil palm, African oil palm (En). Dendezeiro, palmeira do azeite, palmeira do dendê, palmeira andim (Po). Mchikichi (Sw).

Origine et répartition géographique *Elaeis guineensis* est indigène de la ceinture forestière tropicale humide de l'Afrique occidentale et de la partie ouest de l'Afrique centrale, entre la Guinée et le nord de l'Angola (11°N à 10°S). La variabilité génétique la plus importante se trouve dans le sud-est du Nigeria et à l'ouest du Cameroun, et la présence de fossiles dans le delta du fleuve Niger atteste elle aussi que cette région est le centre d'origine le plus probable. L'abondance du palmier à huile dans toute la zone des forêts est attribuée à une domestication déjà ancienne. Dans le seul Nigeria, ces palmeraies de palmiers à huile sauvages et semi-sauvages couvrent une superficie estimée à 2,5 millions d'ha. On trouve des palmeraies isolées d'individus semi-sauvages au Sénégal (16°N) et au sud de l'Angola (15°S), sur les berges du lac Kivu et du lac Tanganyika, le long des côtes d'Afrique de l'Est, et même sur la côte ouest de Madagascar (21°S). En Afrique de l'Ouest, le palmier à huile joue depuis des siècles un rôle essentiel dans l'économie des villages où l'huile de palme non raffinée reste l'huile de cuisson préférée des populations locales.

Les palmeraies semi-sauvages du nord-est du Brésil ont une origine ouest-africaine qui remonte à la traite des esclaves des XVIe–XVIIIe siècles. Elles se sont progressivement étendues à d'autres régions d'Amérique tropicale, et la toute première description du palmier à huile fut faite à partir d'un spécimen qui poussait en Martinique. L'introduction du palmier à huile en Asie du Sud-Est a démarré avec quatre individus issus de graines cultivés dans le jardin botanique de Bogor (Indonésie) en 1848. C'est la descendance de ces palmiers qui a servi de base aux plantations industrielles de palmiers à huile, qui se sont progressivement développées à partir de 1911 en Indonésie, initialement dans le district de Deli à Sumatra, et à partir de 1917 en Malaisie.

Le commerce d'huile de palme et d'amandes de palmier (ou palmiste) entre l'Afrique de l'Ouest et l'Europe au XIXe siècle reposait entièrement sur le produit des palmeraies semi-sauvages. En réponse à une demande d'huile de palme en plus grande quantité et de meilleure qualité, des plantations commerciales commencèrent à voir le jour en Afrique après 1920 (par ex. en R.D. du Congo). Vers 1938, les exportations annuelles mondiales s'élevaient à environ 0,5 million de t d'huile de palme (50% de l'Asie du Sud-Est) et 0,7 million de t de palmiste (provenant presque exclusivement d'Afrique). Le palmier à huile connaît depuis les années 1970 un essor très important, en Asie du Sud-Est (Malaisie, Indonésie, Thaïlande et Papouasie-Nouvelle-Guinée), en Amérique tropicale (dans des pays comme la Colombie, l'Equateur et le Costa Rica) et en Afrique (par ex. en Côte d'Ivoire, au Cameroun ou au Ghana). Des filières d'huile de palme de moindre importance se créent aux Philippines, sur les Iles Salomon, en Chine (à Hainan), en Inde et au Sri Lanka.



Elaeis guineensis – sauvage et planté

Usages Des fruits d'*Elaeis guineensis* on extrait deux types d'huile : de l'huile de palme à partir du mésocarpe et de l'huile de palmiste à partir de l'albumen, à une proportion exprimée en volume d'environ 9 : 1. L'huile de palme s'utilise dans une grande variété de produits comestibles, tels que l'huile de cuisson, la margarine, le beurre végétal (ghee), des matières grasses destinées à la friture et à la boulangerie ; elle entre dans la fabrication des chips, des pâtisseries, des confiseries, des crèmes glacées et des crèmes végétales. L'huile rouge non raffinée est un ingrédient essentiel du régime alimentaire en Afrique de l'Ouest ; quant aux fruits cuits à l'eau et macérés, on s'en sert pour confectionner une soupe nourrissante, que l'on sert après avoir enlevé les noyaux, les fibres et une partie de l'huile. Sur la totalité de l'huile

de palme produite, 10% environ, constitués notamment d'huile de qualité inférieure mais aussi de résidus de raffinage, sert à la fabrication de savon, de détergents, de bougies, de résines, de lubrifiants, de cosmétiques, de glycérol et d'acides gras. L'huile de palme s'emploie dans l'aciérie (pour les revêtements en fer-blanc et la production de feuilles d'acier), et l'huile de palme époxydée est un plastifiant et un stabilisant pour les plastiques PVC. L'huile de palme, et plus particulièrement ses méthylesters ou éthylesters dérivés, ont un potentiel de biocarburant pour les moteurs diesel.

L'huile de palmiste a la même composition et les mêmes propriétés que l'huile de coprah. Elle peut s'utiliser comme huile de cuisson, parfois mélangée à de l'huile de coprah, ou pour fabriquer de la margarine, des graisses alimentaires, du lait compensé, des crèmes glacées et des confiseries. Elle sert aussi dans l'industrie, soit comme substitut de l'huile de coprah pour fabriquer des savons de qualité soit pour produire des acides gras à chaînes courte et moyenne. Ces acides jouent le rôle d'intermédiaires chimiques dans la production d'alcools gras, d'esters, d'amines, d'amides et de produits chimiques plus élaborés qui entrent dans la composition de nombreux produits comme les surfactants, les plastiques, les lubrifiants et les cosmétiques. Le tourteau ou la farine de palmiste, riche en protéines, est un aliment de valeur pour le bétail.

Outre l'huile, la transformation d'une tonne de régimes donne environ 240 kg de régimes égrappés, ou rafles, 140 kg de fibres et 60 kg de coques, qui servent couramment de combustible dans les chaudières des huileries. Les coques sont très appréciées par les forgerons locaux, qui les font brûler dans leur forge car c'est un combustible à fort pouvoir calorifique ; polies et ciselées, on en fait aussi des bagues et des chapelets. Les rafles, les fibres et également les effluents (0,5 t de dépôt par tonne de régimes pressés) peuvent aussi être transformés en produits comme des engrais organiques.

En Afrique de l'Ouest, il est courant de produire du vin de palme en incisant les inflorescences mâles non écloses, ou la tige juste en dessous de l'apex des palmiers abattus. Au Nigeria en particulier, la production de vin par ce moyen est une activité très importante, qui se pratique également avec le palmier à raphia (*Raphia hookeri* G.Mann & H.Wendl.). Le cœur de palmier (le tissu tendre des feuilles non déployées autour du bourgeon apical) se consomme en légume.

Les palmes entières conviennent moins bien à la confection de toits que celles du cocotier, en raison de l'insertion irrégulière de leurs folioles. Toutefois, les folioles servent à tisser des paniers et des nattes ; les nervures médianes servent à faire des balais, et avec les rachis on fabrique des clôtures. Les jeunes folioles produisent une fibre solide et fine dont on fait des lignes de pêche, des collets et des tamis. Les troncs de palmier, disponibles au renouvellement de la plantation, fournissent un excellent matériau pour la production de papier et de planches, qui n'a pas encore suscité d'intérêt commercial.

Les usages du palmier à huile en médecine traditionnelle en Afrique sont nombreux. Les préparations à base de cœur de palmier servent à traiter la gonorrhée, la ménorragie et les douleurs abdominales périnatales ; elles auraient des vertus laxatives, anti-émétiques et diurétiques. On emploie le jus des feuilles dans des préparations contre les affections de la peau, les racines comme analgésique. L'huile est l'excipient de pommades galéniques.

Le palmier à huile est parfois planté dans les jardins comme arbre d'ornement et d'alignement.

Production et commerce international La production mondiale d'huile de palme est passée de 1,3 millions de t en 1960 (dont 78% provenant d'Afrique) à 12,1 millions de t en 1980 (dont 83% produits en Asie du Sud-Est) et elle a presque doublé à nouveau au cours des deux décennies suivantes. Elle a continué à augmenter sensiblement, passant de 25,4 millions de t (sur 10,5 millions d'ha) en 2001 à 34,8 millions de t (sur 12,6 millions d'ha) en 2005, en grande partie à cause de la poursuite de l'expansion de sa culture en Asie du Sud-Est. On peut s'attendre à ce que l'huile de palme prenne à l'huile de soja sa place d'huile végétale la plus importante au cours des prochaines années. Sur la totalité de l'offre en huile de palme en 2005, l'Asie du Sud-Est en a produit 89%, l'Afrique 5% et l'Amérique tropicale 6%.

Les plus gros producteurs en 2005 étaient l'Indonésie avec 15,0 millions de t (sur 3,6 millions d'ha), la Malaisie avec 14,8 millions de t (sur 3,6 millions d'ha), le Nigeria avec 900 000 t (sur 3,3 millions d'ha), la Thaïlande avec 800 000 t (sur 300 000 ha) et la Colombie avec 700 000 t (sur 200 000 ha). Parmi les autres pays africains ayant une production importante d'huile de palme, on trouve la Côte d'Ivoire avec 360 000 t en 2005 (140 000 ha), la R.D. du Congo avec 200 000 t (250 000 ha), le Came-

roun avec 150 000 t (57 000 ha), le Ghana avec 120 000 t (112 000 ha) ; viennent ensuite l'Angola (58 000 t), la Guinée (50 000 t), le Libéria (42 000 t), la Sierra Leone (36 000 t), le Bénin (35 000 t) et le Togo (7000 t).

Au Nigeria, environ 20% de l'huile de palme produite provient du secteur déclaré des plantations et des petits exploitants, qui ne couvre que 250 000 ha. Les 80% restants proviennent des palmeraies semi-sauvages peu productives, ce qui peut expliquer le très bas niveau des rendements de ce pays. D'un autre côté, il se peut que la production réelle soit sous-évaluée car le commerce considérable de fruits de palmier et d'huile qui a lieu sur les marchés locaux n'entre généralement pas dans les statistiques agricoles officielles.

L'huile de palme constitue de loin la denrée la plus importante (45%) dans les échanges mondiaux d'huiles végétales et de matières grasses. Le commerce mondial d'huile de palme s'élevait en 2005 à 25,7 millions de t, ce qui représentait 75% de la production totale. La Malaisie en a exporté environ 90% et l'Indonésie 70%, totalisant 92% de l'huile de palme commercialisée à travers le monde. Environ 50% de cette huile vendue dans le monde est importée par la Chine, l'Inde et d'autres pays asiatiques, 18% par les 25 pays de l'Union européenne, mais seulement 2% par les Etats-Unis. Les importations d'huile de palme par les pays d'Afrique tropicale se sont élevées à 1,0 million de t en 2005, et comprenaient aussi des pays producteurs tels que le Nigeria (210 000 t) et le Ghana (130 000 t).

Toujours en 2005, la production d'huile de palmiste a été de 4,2 millions de t (Malaisie 1,79 million de t, Indonésie 1,75 million de t et Nigeria 260 000 t) et celle de farine de palmiste de 5,0 millions de t ; 47% de cette huile et 80% de cette farine se sont vendues à l'échelle internationale.

Propriétés Les régimes de fruits frais des cultivars de palmier à huile les plus couramment plantés (les hybrides "Dura" × "Pisifera", qui produisent les fruits à coque mince "Tenera") et dont l'huile est extraite industriellement, produisent, par 100 kg, 20–28 kg d'huile de palme et 4–8 kg de palmiste, qui donne lui-même 2–4 kg d'huile de palmiste. Par 100 g, le mésocarpe des fruits mûrs contient : eau 30–40 g, huile 40–55 g et fibres (fibres brutes et parois cellulaires) 15–18 g. Par 100 g, l'albumen des amandes contient : eau 6–8 g, huile 48–52 g, protéines 7–9 g, glucides 30–32 g et fibres brutes 4–5 g.

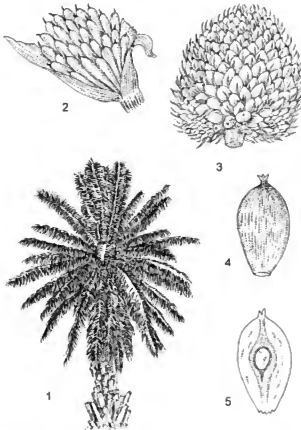
La couleur de l'huile de palme va du jaune pâle au rouge foncé ; son point de fusion se situe entre 25°C et 40°C et elle a une valeur énergétique de 3700 kJ (884 kcal) par 100 g. Elle est constituée de triglycérides dont les acides gras sont les suivants : acide myristique 1–2%, acide palmitique 43–50%, acide stéarique 2–4%, acide oléique 34–41% et acide linoléique 4–9%. L'oléine de palme résulte d'un procédé de "frigélisation" qui consiste à soumettre l'huile de palme à un lent refroidissement puis à la débarrasser de la fraction solidifiée par filtrage. Ce procédé permet de retirer partiellement la fraction saturée, et l'oléine de palme contient moins d'acide palmitique (<35%) et plus d'acide oléique (>45%). L'huile de palme destinée à la consommation doit contenir moins de 3% d'acides gras libres (AGL). L'huile de palme brute contient également des caroténoïdes qui ont une valeur sur le plan nutritionnel (provitamine A), de 800–2000 mg/kg dans l'huile de palme rouge orangé d'Afrique de l'Ouest et de 400–600 mg/kg dans l'huile de palme légèrement colorée de Malaisie et d'Indonésie. On constate la présence de tocophérol (vitamine E), qui atteint jusqu'à 850 mg/kg. Le raffinage fait tomber la teneur en caroténoïdes à zéro et la teneur en tocophérol se trouve réduite de moitié.

L'huile de palmiste a une couleur jaune pâle et vire presque au blanc une fois figée. Le point de fusion se situe entre 23 et 30°C. La composition en acides gras de l'huile de palmiste est voisine de celle de l'huile de coprah : acide caprylique 3–4%, acide caprique 3–7%, acide laurique 45–52%, acide myristique 15–17%, acide palmitique 6–10%, acide stéarique 1–3%, acide oléique 13–19%, et acide linoléique 1–2%. Par 100 g, le tourteau ou la farine de palmiste contient : eau 8–11 g, protéines brutes 19–22 g, glucides 42–49 g, fibres brutes 11–15 g.

Malgré les 50% d'acides gras saturés qu'elle contient, sur le plan nutritionnel, l'huile de palme se comporte largement comme une huile non saturée et n'augmente pas les taux de cholestérol LDL dans le sang. Cela s'explique par la composition prédominante des triglycérides, dont les acides gras saturés occupent les positions externes 1 et 3 et qui possèdent un acide non saturé en position 2. L'hydrolyse au cours de la digestion pancréatique aboutit à des acides gras saturés libres et des 2-monoglycérides qui possèdent des acides gras non saturés, facilement absorbés par la paroi intestinale. Une grande partie des acides gras saturés donnent des sels de calcium insolubles qui ne peuvent

pas être absorbés et sont excrétés.

Description Arbre monoïque non ramifié atteignant 30 m de haut ; système racinaire adventif, formant un dense tapis qui couvre un rayon de 3–5 m dans les premiers 40–60 cm du sol, certaines des racines primaires situées directement en dessous de la base du tronc pénétrant à plus de 1,5 m pour l'ancrage, racines pourvues de pneumatodes dans des conditions très humides ; tronc érigé, cylindrique, atteignant 75 cm de diamètre, mais plus épais dans la partie basale renflée, en forme de cône inversé, rugueux et trapu en raison des bases de pétioles qui y restent fixées pendant les 12–15 premières années, d'apparence élancée et lisse chez les palmiers plus âgés ; cime à 40–50 feuilles. Feuilles disposées en spirale, composées pennées, atteignant 8 m de long, engainantes ; gaine d'abord tubulaire, se désintégrant par la suite en une masse de fibres entrelacées, les fibres reliées à la base du pétiole subsistant sous forme d'épines régulièrement espacées, larges et aplaties ; pétiole de 1–2 m de long, cannelé sur la face supérieure, garni d'épines ; folioles 250–350 par feuille, insérées de façon irrégulière sur le rachis, linéaires mais pliées une fois, de 35–65 cm × 2–4 cm, présence de pulvinus à la base, couvertes d'une épaisse couche cireuse sur la face supérieure et de stomates semi-xéromorphes sur la face inférieure. Inflorescence axillaire, courte et condensée, unisexuée, se ramifiant une fois ; pédoncule de 30–45 cm de long ; inflorescence étroitement enfermée dans des bractées fuselées ou ovales avant l'anthèse ; inflorescence mâle ovoïde, de 20–25 cm de long, à rameaux de 10–20 cm de long, chacun possédant 700–1200 fleurs très serrées ; inflorescence femelle globuleuse, de 25–35 cm de long, à rameaux épais et charnus, chacun à l'aisselle d'une bractée épineuse, possédant 10–25 fleurs disposées en spirale et une épine terminale. Fleurs mâles de 3–4 mm de long, périanthe constitué de 6 petits segments, à 6 étamines et à pistil rudimentaire ; fleurs femelles situées dans des cavités peu profondes, accompagnées de deux fleurs mâles rudimentaires et sous-tendues par une bractée épineuse, à 2 bractéoles, à 6 tépales d'environ 2 cm de long, à ovaire supère 3-loculaire et à stigmate 3-lobé sessile d'un blanc d'ivoire. Infrutescence (le régime) atteignant 50 cm de long et 35 cm de large, pesant 4–60(–90) kg, et chargé de 500–3000 fruits très serrés. Fruit : drupe globuleuse à allongée ou ovoïde de 2–5 cm de long, pesant 3–30 g, apex à stigmate ligneux persistant ; exocarpe lisse, brillant, rouge orangé à maturité avec un apex pigmenté de noir-violet, fruits de l'intérieur du régime plus petits et de forme irrégulière souvent dépourvus d'apex pigmenté ; mésocarpe fibreux, jaune-orangé, huileux ; endocarpe (coque) dur, brun foncé, à fibres longitudinales sortant en touffe à la base, et 3 pores germinatifs à l'apex, contenant généralement 1 graine. Graines (amandes) à tégument brun foncé, albumen résistant, huileux, gris-blanc, renfermant un embryon d'environ 3 mm de long en face d'un des trois pores.



Elaeis guineensis – 1, port de l'arbre ; 2, inflorescence mâle ; 3, infrutescence ; 4, fruit ; 5, fruit en coupe longitudinale.
Redessiné et adapté par Iskak Syamsudin

Autres données botaniques Le genre *Elaeis* ne comprend que deux espèces : l'espèce africaine, *Elaeis guineensis*, et celle d'Amérique tropicale, *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés ex Prain (synonymes : *Corozo oleifera* (Kunth) L.H.Bailey, *Elaeis melanococca* Gaertn.), l'aire de la seconde s'étendant du sud du Mexique jusqu'au centre de la région amazonienne. *Elaeis oleifera*, dont le rendement en huile est faible, n'a que peu d'importance économique, sauf sur son aire de répartition naturelle. Il possède toutefois une gamme de caractères potentiellement utiles dans l'amélioration du

palmier à huile, notamment la résistance à certaines maladies et certains ravageurs importants, une croissance du tronc lente et un mésocarpe dont l'huile a une teneur élevée en acides gras insaturés. *Elaeis oleifera* et *Elaeis guineensis* sont interfertiles et on procède actuellement à des hybridations pour transférer ces caractères. Pendant un certain temps, on a cru qu'un palmier à huile à fruits plus petits trouvé à Madagascar constituait une espèce distincte (*Elaeis madagascariensis* Becc.), mais on considère aujourd'hui qu'il fait partie de la variabilité normale d'*Elaeis guineensis*.

La classification dans *Elaeis guineensis* repose avant tout sur la variabilité des caractéristiques du fruit. L'une d'elles, qui a des conséquences considérables sur le plan économique, est la distinction entre trois types d'après l'épaisseur de la coque, déterminée par un gène unique : "Dura", homozygote, qui possède un endocarpe épais (de 2–8 mm à l'équateur du fruit), "Tenera", hétérozygote, à endocarpe mince (0,5–4 mm), et "Pisifera", homozygote, dépourvu d'endocarpe lignifié.

Au sein des types "Dura" et "Tenera", il existe une variation considérable dans l'épaisseur de la coque, qui est apparemment sous contrôle polygénique. Comme matériel de plantation, "Tenera" est préféré car il contient plus de mésocarpe huileux (60–90% du poids du fruit) que "Dura" (20–65% du poids). Les premiers palmiers introduits sur l'île de Java (Bogor) en 1848 étaient du type "Dura", et on désigne en général leur descendance sous le nom de "Deli Dura". "Pisifera" est habituellement improductif car les inflorescences femelles avortent avant de se transformer en régimes, mais on s'en sert comme parent mâle pour effectuer des croisements avec les palmiers "Dura" destinés à produire des cultures pures de palmiers "Tenera".

Il existe d'autres classifications, à partir de caractéristiques du fruit dépendant de gènes uniques, notamment, la présence ou l'absence :

- d'anthocyanines dans l'exocarpe du haut du fruit (absentes chez le type "Virescens" et présentes chez le type "Nigrescens" ; caractère récessif) ;
- de carotène dans le mésocarpe (absent chez le type "Albescens" ; caractère récessif) ;
- de carpelles supplémentaires dans le fruit (présentes chez le type "Poissoni" ou "palmier à oreilles" ; caractère récessif).

Le palmier à huile "Idolatrica" ou "palmier fétiche" a des feuilles entières (caractère récessif).

Croissance et développement Après récolte, les graines du palmier à huile sont dormantes. La germination commence par l'apparition d'un bouton blanc à l'un des pores de l'endocarpe, qui se développe en quatre semaines en une plantule constituée d'une plumule avec une première feuille verte, une radicule et des racines adventives, mais encore reliée à l'albumen de la graine par un haustorium. Les feuilles suivantes passent peu à peu d'une forme lancéolée à une forme pennée en 12–14 mois, lorsque la jeune plante a en principe 18—24 feuilles. Les feuilles des jeunes plantes sont dépourvues d'épines et moins xéromorphes que les feuilles adultes. La base du tronc se renfle et des racines primaires adventives s'y développent. Dans les 3–4 premières années, c'est la croissance latérale du tronc qui domine, conférant au palmier une large base atteignant 60 cm de diamètre. Après cela, la croissance en hauteur commence, à raison de 20–75 cm par an, pour un diamètre un peu moindre. Il n'y a apparemment pas de rapport entre l'accroissement en hauteur de l'arbre et sa production de feuilles. Une ébauche de feuille se développe à peu près toutes les deux semaines à partir du point de croissance unique. Les ébauches successives sont séparées par un angle de divergence de 137,5°, ce qui aboutit à une spirale de 8 feuilles par tour complet. Ceci facilite l'identification de la feuille 17 (feuille retenue conventionnellement pour procéder à un diagnostic foliaire de l'état nutritionnel du palmier), car elle se trouve verticalement dans l'alignement de la feuille déployée la plus jeune et de la 9e feuille. Le rythme de production de feuilles atteint 40 par an au cours des 3 premières années, pour tomber à 20–24 par an à partir de la 8e année. Le développement, depuis l'ébauche jusqu'à la feuille totalement déployée dont le limbe atteint une superficie de 2–10 m², prend environ 2 années, et une feuille reste active pour la photosynthèse pendant environ 2 ans. Un palmier adulte a une cime de 36–48 feuilles vertes, mais dans les plantations, on ne garde d'habitude que 40 feuilles par palmier. La longévité économique des plantations de palmier à huile est d'environ 25 ans.

Toutes les bases des feuilles contiennent des ébauches d'inflorescence, mais la première inflorescence complètement développée n'apparaît pas avant la feuille 20 et généralement bien plus tard, quelque trois années après la germination. La différenciation en inflorescences mâles ou femelles chez les palmiers adultes a lieu 20–24 mois avant l'anthèse, mais chez les jeunes palmiers elle peut intervenir dès 12–16

mois avant. On comprend mal sur quelle base physiologique repose la différenciation des sexes chez le palmier à huile, sauf que l'on possède la preuve empirique que la sécheresse et d'autres conditions de stress renforcent le caractère mâle. Il s'agit apparemment là d'un mécanisme efficace permettant au palmier à huile de survivre dans des conditions climatiques défavorables en diminuant le poids de ses régimes. Ce sont généralement des facteurs génétiques, écologiques et liés à l'âge qui déterminent pour chaque palmier la proportion d'inflorescences femelles par rapport au nombre total sur le temps (sex-ratio).
La fleur femelle reste réceptive 36–48 heures après son éclosion. La pollinisation est effectuée surtout par les insectes. En 1981, on a réussi à introduire l'un des insectes vecteurs, le charançon africain du palmier à huile (*Elaeidobius kamerunicus*) d'Afrique en Malaisie et par la suite en Indonésie et en Papouasie-Nouvelle-Guinée. Avant cela, il fallait procéder à une fécondation artificielle sur les palmiers à huile de l'Asie du Sud-Est pour obtenir une fructification satisfaisante, surtout pendant les premières années de production. Les inflorescences mâles répandent un fort parfum d'anis pendant l'anthèse. Les fruits mûrissent en 4,5–6 mois après la fécondation. La maturation des fruits se fait de haut en bas du régime et de l'extérieur vers l'intérieur. Les fruits mûrs se détachent. La formation d'huile dans les amandes a lieu entre 2,5 mois et 3,5 mois après la fécondation, mais dans le mésocarpe elle ne démarre qu'au 4e mois et n'atteint pas son pic avant la complète maturité du fruit.

Ecologie Le palmier à huile est une plante héliophile des basses terres tropicales humides. Il est très commun aux lisières des marécages et sur les berges de rivières, où la compétition que livrent des espèces d'arbres à croissance plus rapide est limitée. Il atteint son activité photosynthétique maximale uniquement en plein soleil et dans les endroits où il y a de l'eau sans restriction. Les palmiers qui connaissent ces conditions possèdent à tout moment une flèche formée d'une feuille unique non déployée, alors que la flèche comporte plusieurs feuilles sur les palmiers souffrant de sécheresse ou d'autres facteurs de stress abiotiques. De fortes corrélations ont été établies entre le nombre d'heures d'ensoleillement effectif (c'est-à-dire des heures de soleil lorsque les palmiers ne subissent pas de stress hydrique) et le rendement en régimes des palmeraies adultes 2,5 années plus tard environ. Généralement, pour avoir une production élevée, les besoins climatiques sont les suivants : des précipitations de 1800–2000 mm bien réparties et un déficit en eau inférieur à 250 mm par an, une humidité de l'air élevée et au moins 1900 heures d'ensoleillement par an. Les températures mensuelles moyennes minimales et maximales ont des optima de 22–24°C et de 29–33°C, respectivement. Dans des conditions de déficit d'eau plus important (une saison sèche prolongée) ou des températures mensuelles moyennes minimales inférieures à 18°C (au-dessus de 400 m d'altitude ou à des latitudes supérieures à 10°), la croissance et la productivité baissent considérablement. Des températures extrêmement élevées affectent également le palmier à huile, dont l'efficacité photochimique décroît peu à peu au-delà de 35°C.
Le palmier à huile est capable de pousser sur des sols divers, comme des latosols formés sur diverses roches mères, de jeunes sols volcaniques, des argiles alluviales et des sols de tourbière, et il tolère une acidité du sol relativement élevée (pH 4,2—5,5). Les principaux critères sont la profondeur du sol (>1,5 m), la disponibilité en eau à la capacité au champ (1–1,5 mm par cm de profondeur de sol), le carbone organique (>1,5% dans la couche superficielle) et la capacité d'échange cationique (>100 mmol/kg). Il faut que les sols soient bien drainés et ne présentent aucun signe d'engorgement permanent, mais le palmier à huile tolère assez bien de courtes périodes d'inondation.

Multiplication et plantation Les semences de palmier à huile fraîchement récoltées, nettoyées et séchées dont la teneur en humidité est de 14–17% perdent leur viabilité au bout de 9–12 mois à température ambiante tropicale (environ 27°C). Une viabilité élevée (>85% de germination) peut être maintenue pendant 24–30 mois dans des locaux à air conditionné à 18–20°C et avec une teneur en humidité des graines de 21–22%. Il est également possible aujourd'hui de conserver plus longtemps le matériel génétique de valeur du palmier à huile en procédant à la cryoconservation des semences, des amandes, des embryons excisés ou des tissus somatiques. Pour interrompre la dormance et provoquer une germination rapide, les semences de palmier à huile ont besoin d'être soumises à un traitement de chaleur à 39–40°C pendant 60–80 jours, suivi d'un refroidissement et d'une réhydratation. Cependant, les embryons excisés et cultivés in vitro commencent à s'allonger en moins de 24 heures. Le poids de 1000 semences du type "Dura" (à coque

épaisse) est de 4–12 kg et celui des semences du type "Tenera" (à coque mince) est de 2–3 kg.
La quasi-totalité des palmiers à huile plantés sont des hybrides "Dura" × "Pisifera", qui sont produits par fécondation artificielle des inflorescences femelles de palmiers "Dura" sélectionnés, avec du pollen prélevé sur des "Pisifera" sélectionnés. Les fruits sont du type "Dura", mais les palmiers qui naissent de ces semences produisent des fruits à coque mince du type "Tenera". Le facteur de multiplication chez le palmier à huile peut être supérieur à 10 000, car un arbre-mère du type "Dura" peut produire 6–9 régimes fécondés à la main par an, chacun donnant 1000–2500 graines. La production de semences, leur conservation et le traitement à la chaleur suivi d'une vague de germination nécessitent un savoir-faire et des moyens considérables du point de vue technique et logistique, dont ne disposent que les centres de recherche sur le palmier à huile, privés ou publics.
Les graines récemment germées supportent un transport sur de longues distances (300 graines en sac plastique, avec plusieurs sacs soigneusement emballés en caisse) avant leur plantation en pré-pépinière dans des minisachets plastiques (de 8 cm × 20 cm, en polyéthylène noir de 200 Gauge d'épaisseur). Le repiquage en pépinière a lieu au stade des 2 feuilles ; on se sert alors de sacs de grandes dimensions (de 40 cm × 60 cm, en polyéthylène noir de 500 Gauge d'épaisseur). La durée totale des deux stades en pépinière avant repiquage au champ est de 10–14 mois. Dans des conditions climatiques favorables et lorsqu'on dispose de suffisamment d'espace et de moyens d'irrigation, on peut se contenter d'une seule étape en pépinière en plantant les graines germées directement dans de grands sacs plastiques. Il faut procurer de l'ombrage aux jeunes plants au cours des 2–3 premiers mois.
Les méthodes de propagation clonale in vitro du palmier à huile grâce à l'embryogenèse somatique, à partir d'explants de jeunes racines ou de feuilles, furent mises au point pour la première fois dans les années 1970. Mais la présence d'anomalies épigénétiques dans la descendance clonale, comme par exemple divers degrés d'inflorescences androgynes et de fruits à oreilles, rendent nécessaire la poursuite des recherches avant que la propagation clonale à grande échelle devienne applicable.
La plantation au champ est précédée par une préparation du terrain, qui comporte éventuellement le nettoyage de la végétation au sol, l'abattage d'arbres et le défrichage, suivi par l'aménagement d'allées et de parcelles de plantations, le tracé de lignes et le creusement de trous. Dans les zones non forestières, un labour à la charrue à disque suivie de plusieurs hersages peut débarrasser le terrain des mauvaises herbes et autre végétation à croissance vigoureuse. Les palmeraies à huile s'établissent généralement sur les terres planes ou à faible relief. Dans les endroits où la perméabilité du sol est médiocre, il peut être nécessaire de construire un système de drainage. Une plantation sur terrain pentu nécessite l'aménagement de terrasses ou la construction de plates-formes pour chaque arbre. On sème habituellement des légumineuses qui serviront de plante de couverture après la préparation du terrain ou peu après la plantation pour protéger le sol, apporter de l'humus, fournir un complément à l'azote disponible et éliminer les adventices. Les principales espèces utilisées, souvent en mélange de 2 ou 3 espèces, sont *Calopogonium muconoides* Desv., *Centrosema pubescens* Benth. et *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth. ; quant à *Calopogonium caeruleum* (Benth.) Sauvalle, il est parfois planté seul. Sauf dans les régions où il n'y a pas de saison sèche distincte, le meilleur moment pour transplanter au champ est le début de la principale saison des pluies, afin de donner au jeune palmier le temps de former un bon système racinaire avant l'arrivée de la saison sèche suivante.
La densité de plantation est un problème essentiel, car c'est elle qui détermine la compétition des palmiers non seulement pour la lumière mais aussi pour l'eau et les minéraux. Les expérimentations démontrent que des densités élevées aboutissent à une diminution progressive de la production de matière sèche, mais aussi que l'incidence sur le rendement en fruits est plus importante que sur la croissance végétative. Par conséquent, les rendements maximums s'atteignent avec une densité de plantation plus faible (140–160 par ha) que celle qui donne la production maximale de matière sèche totale. La pratique courante est de planter à 9 mètres de distance en motif triangulaire, ce qui donne 143 pieds/ha.

Gestion Il faut régulièrement débroussailler les interlignes dans les champs de palmiers à huile, notamment dans ceux où les palmiers sont jeunes. Autour des palmiers, on désherbe pour faire place nette, à la main ou aux herbicides, afin d'empêcher la concurrence des plantes de couverture. Cela facilite aussi le repérage des fruits tombés des régimes mûrs. On

empêche les couloirs de récolte de se refermer. D'habitude, on coupe aussi des feuilles au moment de la récolte des régimes. Si le nombre de feuilles par palmier tombe en dessous de 35, le rendement baisse. Le but est donc de maintenir ce nombre aux alentours de 40. Les feuilles coupées sont généralement entassées entre les palmiers sur la ligne ou entre les lignes, et procurent un paillis et une couverture au sol. Comme les canopées se referment dans les plantations adultes, la couverture de légumineuses est peu à peu remplacée par la végétation naturelle, souvent constituée d'un mélange dominé par les graminées et les fougères. Le recours accru aux herbicides à la place du désherbage manuel conduit la couverture de graminées et de fougères à être remplacée par des adventices à feuilles larges, plus nuisibles. L'association du palmier à huile avec des cultures vivrières annuelles au cours des 4 années qui suivent la plantation est une pratique courante chez les petits paysans d'Afrique de l'Ouest.

Compte tenu de l'importance de la présence d'humidité, le palmier à huile tire profit d'une irrigation dans les endroits où la saison sèche est prononcée ou prolongée. De vastes zones de cultures de palmier à huile dans le sud de l'Inde et de la Colombie sont sous irrigation, dont le coût est compensé par des rendements élevés.

Le système racinaire des jeunes palmiers n'est pas suffisamment développé pour tirer parti d'un grand volume de terre. Des applications d'engrais complets sont bénéfiques au cours des trois années qui suivent la plantation pour accélérer la croissance végétative et favoriser une production précoce. Au Nigeria, les préconisations sont les suivantes : 0,1–0,6 kg de N, 0,3–1,4 kg de P et 0,4–1,2 kg de K par palmier et par an, les quantités augmentant depuis la plantation au champ jusqu'à 3 ans. L'état nutritionnel des palmiers adultes varie considérablement en fonction du sol et des conditions climatiques, de l'histoire du terrain avant la plantation, et des niveaux ainsi que du nombre d'années de production. Sur un sol fertile défriché sur des forêts secondaires denses, le palmier à huile peut ne montrer aucune réaction aux engrais en termes de rendements pendant plusieurs années. L'absorption annuelle brute en nutriments de palmiers adultes cultivés sur de l'argile marine en Malaisie et donnant 25 t de régimes de fruits était la suivante, par palmier : 1,4 kg de N, 0,2 kg de P, 1,8 kg de K, 0,6 kg de Ca et 0,4 kg de Mg. Environ 30–40% de ces quantités sont absorbés par les régimes récoltés, 25–35% sont restitués au sol sous forme de feuilles mortes et d'inflorescences mâles et le reste est immobilisé dans le tronc. Associée aux résultats d'essais d'engrais sur place, une analyse foliaire (par échantillonnage de quelques folioles prélevées sur la feuille 17) est un outil de diagnostic fiable sur le palmier à huile pour déterminer les types et les quantités d'engrais à donner aux palmiers à huile adultes bien avant qu'apparaissent des symptômes de carence. Des réponses significatives au phosphore et au magnésium sont moins fréquentes, mais par précaution on incorpore souvent ces éléments dans les épandages d'engrais. Les besoins en micronutriments du palmier à huile ne sont pas déterminés avec autant de certitude. Les déchets compostés produits par les huileries (rafles, fibres et boues) constituent une source considérable de nutriments, capables de remplacer une partie des engrais chimiques, tout en améliorant la qualité physique et biologique du sol.

La culture du palmier à huile réclame une main d'œuvre assez importante et, pour une gestion optimale de la plantation, il faut un ouvrier agricole pour 4 ha. Le besoin d'accroître la mécanisation des travaux au champ devient patent dans des régions comme la Malaisie, où existe une pénurie de main d'œuvre. La plupart des travaux d'entretien des champs peuvent se faire à la machine, mais on n'a pas encore mis au point de méthode viable au plan économique pour détacher mécaniquement les régimes mûrs des palmiers.

Maladies et ravageurs Un certain nombre de maladies fongiques attaquent les plants de pépinière mais elles peuvent être maîtrisées grâce à des pratiques culturales et des traitements fongicides. Les principales sont l'anthracnose (provoquée par *Botryodiplodia* spp., *Glomerella* spp. et *Melanconium* spp.), la cylindrosporiose des plantules (provoquée par *Curvularia* spp.), la cercosporiose (provoquée par *Cercospora elaeidis*) qui se limite à l'Afrique, et le brûlure ou blast (maladie des racines provoquée par *Rhizoctonia lamellifera* (synonyme : *Macrophomina phaseolina*) et *Pythium* spp.). La maladie de la cime est un trouble physiologique provoquant la déformation des feuilles chez des palmiers ayant 2–4 ans, surtout s'ils sont d'origine Deli ; elle a un effet désastreux sur le développement initial et le rendement. La sélection pour des palmiers à huile résistants à cette maladie est possible, car la sensibilité est transmise par un seul gène récessif.

La fusariose vasculaire (provoquée par *Fusarium oxysporum* f.sp. *elaeidis*) est présente seulement en Afrique, généralement dans des régions qui sont marginales pour la culture du palmier à huile. La sélection en vue de la résistance a atteint un certain succès. La maladie la plus importante chez les palmiers adultes en Asie du Sud-Est est la pourriture de la base du tronc (causée par *Ganoderma* sp.), qui peut provoquer de fortes pertes, surtout lorsqu'on replante des terrains qui ont eu comme précédent cultural le cocotier ou le palmier à huile. L'infection se fait par contact entre les racines et les tiges et racines en décomposition. La lutte se limite à des mesures sanitaires, telles que l'évacuation complète de toutes les souches et racines avant de replanter et l'élimination des palmiers malades d'une plantation. La pourriture brune (souvent avec peu de symptômes sur les feuilles) et le flétrissement ou "marchitez" sont deux maladies importantes du palmier à huile en Amérique centrale et en Amérique du Sud. Les causes en sont mal connues, mais une méthode de lutte prometteuse est de planter des hybrides résistants *Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*. Des mesures strictes de quarantaine (par ex. le traitement des graines) sont prises pour prévenir l'introduction fortuite de maladies telles que la fusariose vasculaire et la cercosporiose en Asie du Sud-Est ou en Amérique tropicale.

La mineuse des feuilles (*Coelaenomenodera lameensis* (synonyme : *Coelaenomenodera elaeidis*) est un grave ravageur du palmier à huile en Afrique de l'Ouest, provoquant régulièrement de fortes défoliations en Côte d'Ivoire, au Ghana, au Bénin, au Nigeria et à l'ouest du Cameroun. La lutte contre ce ravageur s'effectue grâce à une surveillance régulière des larves et des adultes pour définir le moment optimal d'intervention des traitements insecticides (par ex. le thiocyclame). La lutte biologique avec des parasites indigènes ou exotiques des œufs ou des larves est à l'étude. Un autre ravageur important en Afrique est le charançon du palmier *Rhynchophorus phoenicis* souvent en association avec l'orycte rhinocéros (*Oryctes monoceros*), qui creuse des galeries dans les jeunes feuilles de la flèche et expose alors les palmiers à des attaques secondaires par le charançon de palmier. Le piégeage en masse aux phéromones de *Rhynchophorus phoenicis* et la collecte manuelle des charançons peut être une méthode de lutte efficace. Les insectes ravageurs provoquant des dégâts occasionnels sont la pyrale du palmier (*Pimelephila ghesquierei*) et des charançons (*Temnoschoita* spp.) en particulier sur de jeunes palmiers en Afrique centrale et en Afrique de l'Ouest (par ex. en R.D. du Congo), ainsi que les chenilles urticantes mangeuses de feuilles de la famille des Limacodidés (*Parasa pallida*, *Parasa viridissima*). En Asie du Sud-Est, où les insectes ravageurs diffèrent de ceux d'Afrique, les techniques de lutte intégrée sont assez avancées dans les plantations de palmier à huile. Elles comprennent une surveillance rapprochée, la lutte biologique et la pulvérisation d'insecticides à spectre étroit pour prévenir les infestations majeures. Des infestations occasionnelles de chenilles burcicoles (*Cremastopsyche pendula*, *Metisa plana*, *Mahasena corbetti*), et de chenilles urticantes de Limacodidés (*Darna trima* et *Setora nitens*) existent à Sabah et à Sumatra. L'orycte rhinocéros (*Oryctes rhinoceros*) d'Asie et du Pacifique s'est bien adapté au palmier à huile. La destruction des sites de reproduction et une bonne couverture du sol permettent généralement de le maîtriser. D'autres ravageurs occasionnels en Asie du Sud-Est sont la pyrale du palmier à huile (*Tirathaba mundella*), des hannetons consommant les racines (*Adoretus* et *Apogonia* spp.) et les criquets (par ex. *Valanga nigricornis*). En Afrique de l'Ouest, les jeunes palmiers doivent être protégés par un collier en fil de fer contre le rongeur *Thryonomys swinderianus* (l'agouti) pendant la première année après la plantation au champ. Les rats peuvent provoquer des dégâts considérables sur les régimes pendant la maturation. La lutte se fait grâce au piégeage. On utilise également la chouette effraie (*Tyto alba*) en Malaisie comme prédateur contre les rats et des nichoirs sont placés dans la plantation.

Récolte La récolte des régimes commence généralement en Afrique de l'Ouest 3–3,5 années après la plantation, et en Asie du Sud-Est dès 2,5 années après. Dans les grands domaines, il est courant d'ôter la première série d'inflorescences femelles non écloses du jeune palmier, en procédant à un passage de ce qu'on appelle "ablation" à l'aide d'un outil spécial, destinée à favoriser la croissance végétative et aussi parce que les premiers régimes ont une faible teneur en huile. Les régimes mûrissent tout au long de l'année et les récoltes se répètent à intervalle de 7–10 jours. Les régimes sont coupés lorsqu'ils ont atteint une maturité optimale. Un indicateur pratique de la maturité est le nombre de fruits détachés par régime, qui doit être de 5 pendant les trois premières années de la fructification, lorsque les régimes

sont encore relativement petits, et qui va jusqu'à 10 chez les palmiers plus âgés. On sectionne les régimes au niveau du pédoncule d'un coup de ciseau chez les palmiers jeunes, tandis que chez les palmiers de haute taille, on se sert d'un "couteau malais", constitué d'une faucille emmanchée d'un long bambou ou d'une perche d'aluminium. En Afrique, on grimpe aux palmiers de très haute taille et à tronc lisse avec une corde d'escalade et on coupe les régimes au coutelas. Il faut ramasser les fruits tombés au sol, car eux aussi produisent de l'huile. Les régimes sont apportés jusqu'aux lieux de ramassage le long des routes d'où ils sont transportés directement jusqu'à l'huilerie par la route ou par le rail (en Asie) pour y être traités.

Rendements Au niveau mondial, les rendements moyens à l'ha pour 2005 étaient de 2,8 t d'huile de palme et 0,7 t de palmistes (45% d'huile et 55% de farine). Les moyennes nationales de rendements d'huile de palme à l'ha sont par exemple : Nigeria 0,3 t (plantations 1,9 t), R.D. du Congo 0,7 t, Ghana 1,1 t, Côte d'Ivoire et Cameroun 2,6 t, Colombie 3,9 t, Malaisie 4,1 et Indonésie 4,2 t. La réaction du palmier à huile aux conditions de l'environnement est extrêmement forte, et les rendements annuels connaissent par conséquent des variations importantes. L'évolution des rendements au fil du temps montre toutefois une nette tendance à atteindre un maximum au cours des quatre premières années de production et généralement à baisser lentement par la suite. Dans les plantations bien conduites de Malaisie, d'Indonésie et de Papouasie-Nouvelle-Guinée, des rendements en régimes de 24–32 t/ha par an sont courants. Au taux d'extraction de l'huile en usine, qui est de 22% (pour le type "Tenera"), cela représente des rendements en huile de 5,2–7,1 t/ha. En Afrique de l'Ouest, qui a des conditions climatiques moins favorables (une saison sèche prononcée), on obtient des rendements en régimes de 12–16 t, soit 2,6–3,5 t d'huile à l'ha, chiffre qui reste toutefois bien plus élevé que pour n'importe quel autre oléagineux.

Traitement après récolte Les huileries de palmier à huile, qu'elles soient petites ou grandes, transforment les régimes de fruits frais en huile et en amandes en procédant selon les étapes suivantes :

- stériliser les régimes à la vapeur sous pression pour détacher les fruits, détruire la lipase (enzyme lipolytique) afin de stopper la formation d'acides gras libres, et tuer tous les micro-organismes ;
- égrapper les régimes ;
- faire macérer les fruits et réchauffer le mélange macéré de pulpe et de noyaux ;
- extraire l'huile avec des presses hydrauliques ou à (double) vis ;
- décanter pour séparer l'huile de l'eau et du dépôt boueux dans des citernes de décantation continue ou par séparation centrifuge, puis sécher ;
- mettre l'huile brute en bidons avant le transport pour un raffinage et une transformation ultérieurs.

Les noyaux sont séparés du tourteau, séchés, calibrés et jetés dans des concasseuses centrifuges pour en ôter la coque. L'huile des amandes est extraite dans des huileries distinctes, sur place ou à l'étranger, par des méthodes analogues à celles utilisées pour l'huile de coprah.

On a d'un côté des huileries industrielles, capables de traiter 20–60 t de régimes à l'heure et conçues pour les grandes plantations de palmier à huile et les plantations voisines des petits exploitants ; de l'autre côté, tout un ensemble de petites usines, dont l'efficience d'extraction est semblable à celle des grandes huileries (>92%), ont été mises au point au cours des 50 dernières années pour le secteur des petites exploitations de palmier à huile, qui opère indépendamment des grands domaines et qui, en Afrique de l'Ouest, produit surtout pour les marchés intérieurs. Leur capacité va de 1–2 t de régimes à l'heure pour une huilerie fortement mécanisée dotée d'une presse à vis continue à double hélice jusqu'à 0,5 t de régimes à l'heure ou moins avec une installation équipée de 1–2 presses hydrauliques manuelles pourvues de matériel de stérilisation, de macération et de décantation.

La méthode traditionnelle d'extraction de l'huile comestible en Afrique de l'Ouest, encore appliquée dans les villages reculés, consiste à faire bouillir les fruits, à les écraser et à les faire bouillir à nouveau jusqu'à ce que l'huile qui flotte à la surface puisse être recueillie. L'huile de palme destinée à la fabrication de savon est extraite à la main des fruits macérés, qu'on a laissé fermenter dans des trous pendants plusieurs jours. L'efficience d'extraction des méthodes traditionnelles est faible (<50%) et la teneur en acides gras libres est élevée (6–10%), même pour l'huile de palme comestible.

Ressources génétiques La quasi-totalité du matériel reproductif du palmier à huile en Malaisie, en Indonésie et dans d'autres parties de l'Asie du Sud-Est ainsi qu'en Amérique tro-

picale, a été obtenu à partir de la population "Deli Dura", de base génétique très étroite, et d'une seule source de "Pisifera" (le palmier "Djongo Tenera", originaire de Yangambi en R.D. du Congo). Les centres de recherche sur le palmier à huile d'Afrique de l'Ouest ont pour leur part eu plus facilement accès aux ressources génétiques, mais à l'exception du Nigerian Institute for Oil Palm Research (NIFOR), la plupart des programmes de sélection sont partis de populations dont la base génétique était restreinte. La prise de conscience de plus en plus forte de l'importance des ressources génétiques pour faire progresser la sélection dans le futur a conduit le NIFOR à organiser des prospections en 1956 et 1964, et une autre prospection très importante en 1973, en collaboration avec le Malaysian Palm Oil Board (MPOB, jadis connu sous les sigles PORIM et MARDI), toutes au sud-est du Nigeria, qui est le centre de diversité génétique la plus élevée. Le MPOB a organisé 9 autres expéditions dans la zone du palmier à huile, du Sénégal à l'Angola, et même en Tanzanie et à Madagascar au cours de la période 1984–1994. Il a aussi prospecté des ressources génétiques d'*Elaeis oleifera* en Amérique centrale et en Amérique du Sud en 1982. Le MPOB possède la plus importante collection de ressources génétiques de palmier à huile du monde, avec 1780 entrées (61% originaires du Nigeria et 21% de la R.D. du Congo), qu'il entretient sur 400 ha d'essais au champ au centre de recherche situé près de Kluang, à Johore (Malaisie). Une autre importante collection au champ constituée de plus de 1000 entrées est entretenue par le NIFOR près de Benin City (Nigeria). Le Centre national pour la recherche agronomique (CNRA, anciennement IRHO) en Côte d'Ivoire détient une collection de plus de 200 entrées. D'autres centres de recherche publics et privés en Asie, en Afrique et en Amérique tentent également d'élargir leurs collections.

Les ressources génétiques de palmier à huile prospectées en 1966 sur les hautes terres de Bamenda au Cameroun, et en 1977 le long du lac Tanganyika, situés tous deux à des altitudes de près de 1000 m, sont actuellement testées dans les régions montagneuses fraîches d'Ethiopie et d'autres pays d'Afrique de l'Est pour tenter d'étendre la culture du palmier à huile au-delà de son écosystème naturel des basses terres tropicales. Les résultats n'ont pas encore été publiés.

L'échange libre des ressources génétiques au moyen des semences ou du pollen est une pratique courante entre les centres de recherche, qui observent des règles strictes en matière de quarantaine pour éviter l'introduction par inadvertance de maladies et ravageurs nouveaux.

Sélection Partie de la simple sélection massale (familles, et individus au sein des meilleures familles), l'amélioration génétique du palmier à huile a évolué vers diverses formes de sélection récurrente (réciproque) des arbres du type "Dura" et du type "Pisifera" qui servent de parents au matériel de plantation "Tenera", de rendement plus élevé. L'évaluation du progrès en termes de rendements en huile chez les populations "Deli Dura" d'Indonésie et de Malaisie se chiffre à 50–60% sur 3–4 générations de sélection massale (1910–1960). L'adoption du matériel "Tenera" depuis le début des années 1960 a donné lieu à un accroissement immédiat des rendements de 20% supplémentaires, car le taux d'extraction d'huile, qui était de 18% avec les régimes "Dura", a fait un bond à 22% avec les régimes "Tenera". Des évolutions analogues ont eu lieu en Afrique.

Des études de génétique quantitative de grande ampleur (années 1960–1970) menés lors des importants programmes d'amélioration génétique du NIFOR au Nigeria et au Ghana, du CNRA en Côte d'Ivoire et du Oil Palm Genetics Laboratory (OPGL, aujourd'hui MPOB) en Malaisie ont confirmé l'hérédité largement additive de toutes les composantes du rendement. Ce qui permet aux sélectionneurs de faire des évaluations de la valeur génotypique (valeur sélective) de ces composantes pour un grand nombre de parents en procédant à un minimum de croisements et de réduire ainsi le coût des épreuves de descendance. Une autre observation pertinente pour le progrès génétique du palmier à huile est l'interaction génotype × environnement modérée à faible pour le rendement et ses composantes. On rend la sélection plus efficace en combinant des parents qui possèdent des composantes de rendement contrastées, comme par exemple les croisements "inter-origines" Deli × African, qui associent un nombre relativement faible de régimes lourds avec un nombre élevé de régimes plus petits. Pour aller encore plus loin dans la sélection, il est nécessaire de mettre au point de nouvelles sous-populations contrastées, et surtout d'accroître la variabilité génétique de la population "Deli Dura" ainsi que de la population source de "Pisifera" en Asie, par introgression avec des ressources génétiques africaines. Dans les programmes d'amélioration malais et

quelques autres programmes, des efforts de sélection considérables portent sur les composantes de la croissance végétative, afin d'améliorer l'index de récolte et de diminuer l'accroissement en hauteur pour augmenter encore les rendements en huile et réduire les coûts de production. L'évaluation des ressources génétiques en Malaisie a révélé des familles originaires du sud-est nigérian qui sont extrêmement productives (jusqu'à 10 t/ha d'huile) et qui ont un tronc court (l'accroissement en hauteur ne dépasse pas 20–25 cm/an contre 45–75 cm/an pour le matériel végétal actuel). L'héritabilité de la vitesse d'accroissement en hauteur est forte, et c'est aussi le cas des composantes de la qualité des fruits (teneur en mésocarpe, en coque et en amande) et de la composition de l'huile de palme en acides gras, ce qui permet une sélection phénotypique efficace des parents pour ces caractères.
La sélection classique, qui exploite la diversité génétique existant au sein du genre botanique, offre encore des possibilités considérables pour l'amélioration. Le perfectionnement des cartes des liaisons génétiques de haute densité élaborées pour le palmier à huile, à l'aide d'une technologie évoluée de marqueurs (par ex. les microsatellites), permettra l'identification de QTL (loci de caractères quantitatifs) importants pour les composantes de rendement et de croissance afin de rendre la sélection plus efficace, par ex. en permettant une présélection au stade pépinière. On explore actuellement de nouvelles approches biotechnologiques complémentaires. Le MPOB en Malaisie a lancé des travaux de recherche très importants sur la transformation génétique du palmier à huile. Leurs objectifs sont notamment la résistance aux herbicides et aux maladies (par ex. *Ganoderma)* et la modification de la composition en acides gras de l'huile de palme (par ex. une forte teneur en acide oléique). Une meilleure compréhension au niveau moléculaire pourra aider à maîtriser les anomalies florales dans la descendance clonale après embryogenèse in vitro et rendre ainsi possible une multiplication du palmier à huile par clonage à grande échelle.

Perspectives La demande mondiale en huiles végétales connaît une brusque accélération ; de 100 millions de t en 2005, on estime qu'elle passera à 150 millions de t en 2020, parallèlement à l'évolution démographique de la planète et à l'amélioration du niveau de vie dans les pays en développement. On peut donc s'attendre à ce que le palmier à huile, source d'huile comestible relativement peu chère et se prêtant aux utilisations les plus diverses, joue un rôle de plus en plus prépondérant. Conduit selon les meilleures pratiques de culture et de transformation, il peut produire 4–6 fois plus d'huile à l'ha que n'importe quel autre oléagineux, de manière durable tant d'un point de vue économique qu'écologique. Une extrapolation des modèles de croissance laisse penser que le potentiel physiologique de rendement du palmier à huile pourrait bien être de 12–14 t/ha d'huile contre 7 t/ha maximum aujourd'hui. Les nouvelles perspectives de multiplication clonale constituent à cet égard un facteur non négligeable. Le principal inconvénient du palmier à huile est la difficulté de mécaniser la récolte de façon rentable. Partant de ce constat, la disponibilité et le coût de la main d'œuvre pourraient bien devenir des facteurs limitants dans les pays producteurs où le niveau de vie augmente.
Les plantations bien établies de palmier à huile offrent un écosystème qui possède certaines des caractéristiques des forêts tropicales humides. Des études récentes ont montré que la fixation nette du gaz carbonique par l'écosystème de palmiers à huile adultes était supérieure à celle des forêts tropicales humides. Les recherches scientifiques ont démontré à de nombreuses reprises que la publicité négative selon laquelle l'huile de palme serait "mauvaise pour la santé" était sans fondement. En revanche, il reste beaucoup à faire, tant au niveau national que régional, en particulier en Asie du Sud-Est, pour redorer le blason du palmier à huile en tant que culture de plantation écologiquement durable, qui avait été sérieusement écorné au cours de la dernière décennie par une expansion mal maîtrisée responsable de pollution de l'air et de destruction inutile des forêts tropicales. A cet égard, la "Table ronde sur l'huile de palme durable", initiative des acteurs de l'industrie malaise de l'huile de palme en 2003, apparaît comme un pas dans la bonne direction.
En Afrique de l'Ouest, le secteur des petits exploitants, que ce soit les producteurs, les transformateurs ou les négociants, est en passe de dépasser le secteur des grandes plantations privatisées pour devenir le principal fournisseur des marchés intérieurs, en constante expansion. Il serait nécessaire que les critères de production durable d'huile de palme y soient redéfinis, car il se peut que les pratiques de bonne gestion qui s'appliquent dans les grands domaines soient incompatibles avec les priorités socio-économiques du petit exploitant et de

sa famille.

Références principales Basiron, Jalani & Chan (Editors), 2000; Corley & Tinker, 2003; Gascon, Noiret & Meunier, 1989; Graille & Pina, 1999; Hardon, Rao & Rajanaidu, 1985; Jacquemard, 1995; Mayes et al., 1997; Rajanaidu et al., 2000; Sparnaaij & van der Vossen, 1980; Zeven, 1964.

Autres références Aisagbonhi et al., 2004; Ataga, 1993; Ataga, Okwuagwu & Okolo, 1999; Blaak & Sterling, 1996; Breure, 1987; Caliman et al., 2005; Cheyns & Raffleau, 2005; Corley, Hardon & Wood (Editors), 1976; Gunstone, Harwood & Padley, 1986; Hardon, Rajanaidu & van der Vossen, 2001; Hartley, 1988; Hayati et al., 2004; Index Mundi, 2005; Lamade & Bouillet, 2005; Omont, 2005; Pioch & Vaitilingom, 2005; Sparnaaij, 1969; Turner, 1981; van der Vossen, 1974; Wood, 1968.

Sources de l'illustration Dransfield & Beentje, 1995; Hardon, Rajanaidu & van der Vossen, 2001.

Auteurs C.D. Ataga & H.A.M. van der Vossen

Basé sur PROSEA 14: Vegetable oils and fats.

GLYCINE MAX (L.) Merr.

Protologue Interpr. Herb. amboin. 274 (1917).

Famille Papilionaceae (Leguminosae - Papilionoideae, Fabaceae)

Nombre de chromosomes $2n = 40$

Synonymes *Glycine hispida* (Moench) Maxim. (1873).

Noms vernaculaires Soja, soya (Fr). Soya bean, soybean (En). Soja (Po). Soya (Sw).

Origine et répartition géographique Le soja a été domestiqué dans le nord-est de la Chine aux alentours du XIe siècle avant J.-C. A partir de là, il s'est répandu jusqu'à la Mandchourie, la Corée, le Japon ainsi que dans d'autres parties de l'Asie. Il a été introduit en Corée entre l'an 30 avant J.-C. et l'an 70 après J.-C., et il est mentionné dans la littérature japonaise aux alentours de 712 après J.-C. Il a atteint l'Europe avant 1737. Il a été introduit aux Etats-Unis en 1765 et au Brésil en 1882. Par contre, la date de sa première introduction en Afrique tropicale reste obscure. Sa culture a été signalée en Tanzanie en 1907 ainsi qu'au Malawi en 1909, mais tout porte à croire qu'il a été introduit au cours du XIXe siècle par des marchands chinois fort actifs le long de la côte d'Afrique orientale. De nos jours, le soja est largement cultivé dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées du monde entier. La



Glycine max – planté

lenteur de sa diffusion en dehors d'Asie s'explique par l'absence dans les sols de ces régions des rhizobiums spécifiques du soja, et la culture ne s'est développée aux Etats-Unis qu'au début du XXe siècle, après la découverte du processus de nodulation par les scientifiques.

Usages En Afrique tropicale, les graines sèches de soja sont bouillies et utilisées en condiment, ou servent à préparer des succédanés de lait ou de la farine. Au Nigeria, un usage courant du lait de soja consiste à le transformer en un produit proche du tofu, à le faire frire et à le vendre comme en-cas ou ingrédient de petit déjeuner. La farine de soja entre dans la fabrication du pain ou bien, mélangée à la farine de maïs, elle sert à fortifier une bouillie ("ugali", "sadza"). En Afrique de l'Ouest, la farine de soja sert à épaissir la soupe et à remplacer la farine traditionnelle à base de graines de pastèque égousi (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai). On appelle "okara" la pulpe et les enveloppes qui restent une fois le lait extrait ; ce tourteau a pratiquement tous les mêmes usages que la farine de soja. Les graines de soja sont grillées et employées directement comme en-cas ou comme succédané du café. On moud aussi les graines pour en faire une farine qui est mélangée avec la farine de maïs, servant ainsi de nourriture d'appoint en cas de famine. En Asie, le soja sert à la préparation d'une grande variété de produits alimentaires frais, fermentés ou séchés comme le lait, le tofu, le tempeh, le miso, le yuba, la sauce de soja et les germes de soja (il s'agit ici du vrai soja, et non des germes de mungo, plus courants en Occident et appelés "germes de soja" en français). Les graines de

soja immatures sont consommées comme légume.
On transforme les graines de soja pour en extraire une huile alimentaire, qui a aussi de nombreux usages industriels ; l'espèce est actuellement la source la plus importante d'huile végétale dans le monde. L'huile se trouve sur le marché sous forme d'huile de cuisson et de salade, de margarine et de matière grasse. Les lécithines de soja servent d'émulsifiants dans l'industrie alimentaire, en pharmacie, et dans la production industrielle de matériel de décoration, d'encres d'imprimerie et de pesticides. L'huile de soja est la principale source commerciale d'α-tocophérol (vitamine E naturelle) et contient du stigmastérol, qui est utilisé pour la synthèse commerciale d'hormones stéroïdiennes et autres produits pharmaceutiques. Le tourteau qui subsiste après l'extraction de l'huile est riche en protéines et constitue un important aliment du bétail. Parmi les utilisations des protéines de soja dans l'alimentation, on trouve les farines et gruaux dégraissés, les concentrés, les isolats, les farines et les concentrés texturés (couramment utilisés comme substitut de viande). Les protéines servent également dans la production de fibres synthétiques, de colles et de mousses.
Le soja est aussi cultivé comme plante fourragère et comme engrais vert ; il convient à la fenaison ainsi qu'à l'ensilage. Les tiges feuillées subsistant après la récolte des gousses peuvent également servir de fourrage.

Production et commerce international D'après les évaluations de la FAO, la production moyenne mondiale de graines de soja est de 173 millions de t/an pour une superficie de 77 millions d'ha (moyenne de 1999–2003). Les principaux pays producteurs sont les Etats-Unis (avec 73,5 millions de t/an entre 1999–2003, sur 29,4 millions d'ha), le Brésil (avec 39,0 millions de t/an sur 15,1 millions d'ha), l'Argentine (avec 26,4 millions de t/an sur 10,2 millions d'ha), la Chine (avec 15,4 millions de t/an sur 9,0 millions d'ha), l'Inde (avec 5,9 millions de t/an sur 6,3 millions d'ha), le Paraguay (avec 3,4 millions de t/an sur 1,3 million d'ha) et le Canada (avec 2,3 millions de t/an sur 1,0 million d'ha). L'Afrique du Sud a produit 188 000 t/an sur 121 000 ha. La production de soja en Afrique tropicale entre 1999–2003 a été de 790 000 t/an sur 895 000 ha, les principaux producteurs étant le Nigeria (avec 439 000 t/an sur 601 000 ha), l'Ouganda (avec 139 000 t/an sur 124 000 ha) et le Zimbabwe (avec 119 000 t/an sur 62 000 ha).
La moyenne des exportations mondiales de graines de soja s'est élevée à 47,4 millions de t/an entre 1998–2002, les Etats-Unis arrivant en tête (avec 25,4 millions de t/an), suivis par le Brésil (avec 12,3 millions de t/an) et l'Argentine (avec 4,7 millions de t/an). Les exportations de soja à partir de l'Afrique tropicale n'ont été que de 27 000 t/an, avec le Zimbabwe pour principal exportateur (avec 11 000 t/an). Le plus gros importateur a été la Chine (avec 11,0 millions de t/an). Les importations de soja en Afrique tropicale se sont élevées à 37 000 t/an. La moyenne des exportations mondiales d'huile de soja entre 1998–2002 a été de 8,2 millions de t/an, les principaux exportateurs étant l'Argentine (avec 3,0 millions de t/an), le Brésil (avec 1,5 million de t/an) et les Etats-Unis (avec 0,9 million de t/an). Quant à l'Afrique tropicale, ses exportations d'huile de soja ont été négligeables. Les principaux importateurs entre 1998–2002 ont été la Chine (avec 975 000 t/an), l'Inde (837 000 t/an), l'Iran (701 000 t/an) et le Bangladesh (522 000 t/an). Les importations d'huile de soja en Afrique tropicale entre 1998–2002 ont atteint 338 000 t/an, les principaux pays importateurs étant le Sénégal (avec 83 000 t/an), l'Angola (39 000 t/an), l'île Maurice (25 000 t/an), Madagascar (22 000 t/an) et le Zimbabwe (22 000 t/an). La moyenne des exportations de tourteaux de soja a atteint 40,8 millions de t/an, l'Argentine (avec 13,6 millions de t/an), le Brésil (10,8 millions de t/an) et les Etats-Unis (6,4 millions de t/an) arrivant largement en tête. Les exportations de tourteaux de soja d'Afrique tropicale ont représenté 30 000 t/an, essentiellement en provenance du Zimbabwe (avec 14 000 t/an) et de la Zambie (12 000 t/an). Les plus gros importateurs ont été les pays de l'Union européenne. L'Afrique tropicale a, quant à elle, importé 72 000 t/an.
Le soja est cultivé par de petits paysans dans de nombreux pays d'Afrique de l'Ouest et de l'Est et d'Afrique australe, mais c'est en général une plante alimentaire secondaire. La production commerciale de soja sur des fermes et des domaines de grande taille est courante en Zambie et au Zimbabwe, de même qu'en Afrique du Sud.

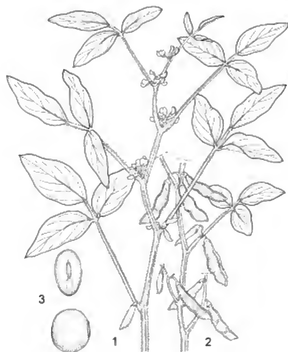
Propriétés La composition de graines de soja mûres et crues par 100 g de partie comestible est la suivante : eau 8,5 g, énergie 1742 kJ (416 kcal), protéines 36,5 g, lipides 19,9 g, glucides 30,2 g, fibres alimentaires 9,3 g, Ca 277 mg, Mg 280 mg, P 704 mg, Fe 15,7 mg, Zn 4,9 mg, vitamine A 0 UI, thiamine 0,87 mg, ribo-

flavine 0,87 mg, niacine 1,6 mg, vitamine B_6 0,38 mg, folates 375 µg et acide ascorbique 6,0 mg. La composition en acides aminés essentiels par 100 g de partie comestible est la suivante : tryptophane 530 mg, lysine 2429 mg, méthionine 492 mg, phénylalanine 1905 mg, thréonine 1585 mg, valine 1821 mg, leucine 2972 mg et isoleucine 1770 mg. Les principaux acides gras par 100 g de partie comestible sont : acide linoléique 9925 mg, acide oléique 4348 mg, acide palmitique 2116 mg, acide linolénique 1330 mg et acide stéarique 712 mg (USDA, 2004). La teneur en protéines des graines de soja est supérieure à celle de tout autre légume sec. Les graines ont une teneur en lysine élevée : l'acide aminé limitant est la méthionine. Les graines mûres de soja sont difficiles à digérer, elles contiennent des composés toxiques et ont un goût désagréable. C'est la raison pour laquelle on doit les faire tremper dans l'eau et les cuire longuement avant qu'elles ne soient comestibles, ou bien leur appliquer des techniques de transformation, comme le grillage, la fermentation ou la germination. Les facteurs antinutritionnels thermolabiles des graines de soja sont les inhibiteurs de la trypsine, les hémagglutinines, les goitrigènes, les antivitamines et les phytates, les facteurs thermostables étant les saponines, les œstrogènes, les facteurs de météorisme et la lysinoalanine.

Le rendement en farine de graines de soja est de 80% et celui de l'huile de 18%. La farine contient environ 50% de protéines. La composition moyenne en acides gras de l'huile de soja du commerce est la suivante : acide linoléique 54%, acide oléique 22%, acide palmitique 10%, acide linolénique 10% et acide stéarique 4%. L'huile de soja est riche en vitamine E et contient 1,1–3,2% de lécithines. Les graines de soja sont toujours traitées thermiquement avant l'extraction de l'huile, à cause de la présence de composés antinutritionnels. L'huile a tendance à rancir au contact de l'air et de la lumière, en raison de l'instabilité de l'acide linolénique. Les concentrations en protéines et en huile sont corrélées de manière négative, et les efforts visant à relever l'une et l'autre simultanément ont échoué. En effet, la teneur en huile tend à augmenter avec la température durant la croissance, la teneur en protéines tendant pour sa part à baisser.

La consommation de soja est associée à la diminution du risque d'athérosclérose et de maladies cardiovasculaires, bien que les mécanismes exacts ne soient pas clairs. Il semblerait aussi que le soja ait un effet positif sur la santé osseuse. La corrélation entre la consommation de soja et la réduction du risque de cancer est plus incertaine.

Description Plante herbacée annuelle normalement érigée, buissonnante, jusqu'à 2 m de haut, parfois volubile ; racine pivotante ramifiée, jusqu'à 2 m de long, racines latérales s'étalant horizontalement sur une distance allant jusqu'à 2,5 m dans les 20 premiers cm du sol ; tige pubescente brunâtre ou grisâtre. Feuilles alternes, 3(–7)-foliolées ; stipules largement ovales, de 3–7 mm de long ; pétiole de 2–20 cm de long, en particulier aux feuilles inférieures ; folioles ovales à lancéolées, de 3–15 cm × 2–6(–10) cm, cunéiformes ou arrondies à la base, aiguës à obtuses à l'apex, entières, glabres à pubescentes. Inflorescence : fausse grappe axillaire jusqu'à 3,5 cm de long, souvent compacte, densément poilue, à (2–)5–8(–35) fleurs. Fleurs bisexuées, papilionacées ; pédicelle jusqu'à 3 mm de long ; calice en tube, avec 2 lobes supérieurs et 3 lobes inférieurs, poilu ; corolle de 5–7 mm de long, blanche, rose, violette ou bleuâtre, étendard obovale à arrondi, d'environ 5 mm de long, glabre, ailes obovales, carène plus courte que les ailes ; étamines 10, dont 9 soudées et 1 libre ; ovaire supère, style courbé avec un stigmate capité. Fruit : gousse légèrement recourbée et généralement comprimée de 2,5–8(–15) cm × 1–1,5 cm, poilue,



Glycine max – 1, rameau en fleurs ; 2, rameau en fruits ; 3, graines.
Source: PROSEA

déhiscente, à (1–)2–3(–5) graines. Graines globuleuses à ovoïdes ou rhomboïdes, de 6–11 mm × 5–8 mm, jaunes, vertes, marron ou noires, ou tachetées et mouchetées dans ces différentes couleurs ; hile petit, noir, marron ou jaune. Plantule à germination épigée ; cotylédons épais et charnus, jaunes ou verts ; premières feuilles simples et opposées.

Autres données botaniques Le genre *Glycine* comprend environ 20 espèces réparties dans les régions tropicales et subtropicales d'Asie et d'Australie. Il est divisé en 2 sous-genres : *Glycine* (espèces vivaces) et *Soja* (espèces annuelles), ce dernier incluant 2 espèces : *Glycine soja* Sieb. & Zucc. (types sauvages que l'on trouve en Asie orientale) et *Glycine max* (types cultivés). *Glycine soja* est considéré comme l'ancêtre sauvage de *Glycine max*. Les 2 taxons s'hybrident facilement et peuvent également être considérés comme formant une seule espèce avec 2 sous-espèces, *Glycine max* (L.) Merr. subsp. *max* et subsp. *soja* (Sieb. & Zucc.) Ohashi.

De nombreux cultivars sont reconnus en Asie tropicale qui varient dans la longueur du cycle, dans la taille, le port de la plante, la couleur, le teneur en lipides et en protéines des graines, et l'usage que l'on en fait. Pour la production de l'huile, on préfère les graines jaunes. En ce qui concerne les graines immatures qui seront consommées comme légume, les types à grosses graines jaunes ou vertes ont la préférence. Les cultivars fourragers (pour le foin ou le fourrage frais) ont généralement des graines marron ou noires et les plantes sont souvent volubiles. En Afrique tropicale, les cultivars les plus anciens originaires d'Asie ont tendance à être de haute taille et à avoir une croissance indéterminée, un cycle relativement long (environ 120 jours) et une aptitude "généraliste" à noduler avec des rhizobiums indigènes des sols africains. On peut opposer ces cultivars à ceux qui ont émergé des programmes de sélection et qui sont plutôt petits, déterminés, et à cycle relativement court (70–90 jours).

Croissance et développement Les plantules de soja lèvent en 5–15 jours après le semis ; pour le lit de semis, une température de 25–33°C est optimale. La floraison débute entre 25 et plus de 150 jours après le semis, en fonction de la longueur du jour, de la température et du cultivar. Elle peut prendre 1–15 jours. Le soja est normalement autogame et complètement autocompatible avec une allogamie inférieure à 1%. Le pollen est émis en général le matin, avant que les fleurs ne soient complètement épanouies. A des altitudes élevées et avec des températures basses, les fleurs sont normalement cléistogames. Le laps de temps compris entre la floraison et la maturité des gousses est de 30–50 jours. Le cycle total de culture allant du semis à la maturité est de 65–200 jours. Le cycle est généralement plus court en jours courts qu'en jours longs. Le nombre de gousses par plante varie de quelques-unes à plus de 1000.

Bien que selon la littérature ancienne le soja nodule exclusivement avec des rhizobiums à croissance lente (*Bradyrhizobium* spp. ; à l'origine dénommé "rhizobium de type niébé"), il est désormais bien établi que l'espèce à croissance rapide *Sinorhizobium fredii* peut elle aussi former des nodules efficaces avec la plante. Les génotypes de soja diffèrent considérablement dans leur aptitude à noduler avec des rhizobiums indigènes dans les sols. L'aptitude à la nodulation spontanée et prolifique avec des rhizobiums indigènes est connue comme le caractère "généraliste", par opposition au caractère "spécifique" des types de soja qui nécessitent d'habitude une inoculation avec un type spécifique ou avec quelques types spécifiques de rhizobiums pour bien se développer. Néanmoins, il est désormais établi que tous les génotypes de soja nodulent dans une certaine mesure avec des rhizobiums indigènes, mais la diversité des souches avec lesquelles ils peuvent le faire détermine leur degré de généralisme. Les taux de fixation de N_2 chez le soja sont surtout élevés chez les génotypes les plus luxuriants et les plus tardifs. Des études menées au Nigeria ont relevé un taux de fixation de 126 kg de N par ha sur une lignée de soja non inoculée et tardive.

Ecologie Le soja est cultivé de l'équateur jusqu'à des latitudes de 55°N ou 55°S, du niveau de la mer jusqu'à 2000 m d'altitude. Même si la plante vient bien sous des températures très variées, la température optimale pour sa croissance et son développement se situe en général autour de 30°C. Tant des températures excessivement élevées (>32°C) que basses (<20°C) peuvent réduire l'initiation florale et la formation des gousses. Le soja a besoin d'au moins 500 mm d'eau durant la période de croissance pour une bonne récolte ; la consommation d'eau dans des conditions optimales est de 850 mm. Un stress de sécheresse pendant la floraison limite la formation des gousses, mais la sécheresse durant la formation des graines réduit encore plus le rendement. Le soja peut tolérer un bref engorgement

du sol, mais l'altération des graines est un grave problème en cas d'humidité. Il est considéré comme une plante de jours courts à réaction quantitative, mais certains cultivars ne sont pas sensibles à la photopériode. La réaction à la photopériode interagit fortement avec la température, et compte tenu de la variation relativement faible de la longueur du jour sous les tropiques, ce sont les températures qui sont déterminantes pour influer sur le taux de développement phénologique. La sensibilité à la photopériode signifie que des types introduits directement d'Amérique du Nord en Afrique tropicale vont souvent fleurir et monter à graines avant d'avoir achevé leur pleine croissance, ce qui limite leur rendement.

Le soja pousse bien sur des sols humides, excepté sur du sable très grossier. Le pH optimum est de 5,5–7,5, et le soja est sensible à l'acidité du sol, en particulier à la toxicité de l'aluminium. Aux endroits où le soja n'a pas été cultivé auparavant, ou lorsque P est limité, la fixation de N_2 symbiotique peut s'avérer insuffisante pour faire face aux besoins en N des plantes.

Multiplication et plantation Le soja se multiplie par graines. Le poids de 1000 graines est de 100–250 g. Les graines peuvent être semées avant le début de la saison des pluies, ou lorsque le sol est humide. La densité de semis est de 40–120 kg/ha. Le soja est semé en lignes espacées de (20–)40(–75) cm. Sur la ligne, 2–3 graines sont semées en trous espacés de 7,5–10 cm, à une profondeur de 2–5 cm. En culture associée, la densité de semis est inférieure à celle de la culture pure. En agriculture traditionnelle, la terre est préparée à la main ou par traction animale avant le semis. Le soja est cultivé essentiellement sur terrain plat, mais on peut le semer sur des buttes ou des billons lorsque le sol est lourd, la nappe phréatique haute, ou les précipitations nombreuses. En Afrique tropicale, les petits paysans cultivent le soja en culture pure ou en association avec du maïs, du sorgho ou du manioc.

Gestion Le soja est généralement désherbé 1–3 fois durant les 6–8 premières semaines après le semis, après quoi sa canopée devrait être suffisamment développée pour supprimer les mauvaises herbes. Il est exceptionnel d'irriguer, sauf pour la production en saison sèche. Un apport de fond d'engrais avec 20–25 kg P par ha est souvent nécessaire pour une fixation symbiotique appropriée de N_2 et pour la croissance générale. Le soja est généralement cultivé en rotation avec des céréales, comme le maïs, le riz, le sorgho, le blé et l'éleusine, qui reçoivent souvent tous les apports d'engrais.

Maladies et ravageurs Diverses maladies fongiques affectent le soja. La rouille du soja (*Phakopsora pachyrhizi* et *Phakopsora meibomiae*) est une maladie dévastatrice susceptible de réduire les rendements de plus de 90%. Elle est très répandue ; en Afrique tropicale, elle est signalée en Sierra Leone, au Ghana, au Nigeria, en R.D. du Congo, en Ouganda, en Tanzanie et en Zambie. Une résistance partielle a été observée chez plusieurs cultivars ; les fongicides peuvent limiter les dégâts. La maladie des taches foliaires rouges (*Dactuliochaeta glycines*, synonyme : *Pyrenochaeta glycines*) est confinée à l'Afrique ; elle est économiquement importante en Zambie et au Zimbabwe, où des baisses de rendements allant jusqu'à 50% ont été signalées. Les graines ne sont pas infectées, mais le champignon peut survivre dans le sol pendant plusieurs années. Des cultivars tolérants ont été mis au point au Zimbabwe. On rencontre la maladie des taches ocellées (*Cercospora sojina*, synonyme : *Passalora sojina*) dans le monde entier. Il s'agit principalement d'une maladie foliaire, mais elle peut aussi affecter les tiges, les gousses et les graines. Elle survit sur les graines stockées ainsi que sur les débris végétaux et se propage grâce au vent. Les mesures de lutte comprennent le traitement des graines (par ex. avec du thirame), un labour en profondeur des débris végétaux, la rotation des cultures et l'application de fongicides. On dispose de cultivars résistants. Les graines pourpres et la brûlure de la feuille sont dues à *Cercospora kikuchii*, que l'on trouve aussi dans le monde entier. Pour lutter contre ces maladies, on préconise la rotation des cultures, l'emploi de graines saines, l'enfouissement des débris végétaux, la pulvérisation de fongicides et l'utilisation de cultivars tolérants. Parmi les maladies bactériennes du soja, citons la graisse bactérienne (*Pseudomonas syringae* pv. *glycinea*, synonyme : *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea*) qui est courante où que le soja soit cultivé. Au nombre des mesures permettant de lutter contre cette maladie foliaire, on peut citer l'emploi de cultivars résistants, de graines saines, la rotation des cultures et l'enfouissement des débris végétaux. La pustule bactérienne (*Xanthomonas campestris* pv. *glycines*, synonyme : *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*) est également répandue. Elle est transmise par les graines et survit sur les débris végétaux. Les mesures de lutte sont similaires à celles employées contre

la graisse bactérienne. Les maladies virales du soja comprennent le virus de la mosaïque du soja (SMV), le virus de la marbrure faible du niébé (CPMMV) et le virus de la mosaïque jaune du haricot (BYMV), mais ces virus ne sont pas très importants en Afrique tropicale.
Le nématode à kystes du soja (*Heterodera glycines*) ainsi que les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) peuvent causer de sérieux dégâts, en particulier dans les sols sableux. C'est pourquoi le soja ne doit pas être cultivé de manière continue ou en rotation avec d'autres espèces sensibles, comme le tabac. Des cultivars de soja résistants aux nématodes sont disponibles.
Le ravageur du soja le plus répandu et probablement le plus dangereux en Afrique tropicale est la punaise verte du soja (*Nezara viridula*), dont les nymphes et les adultes se nourrissent de graines. L'emploi d'insecticides permet de les juguler. Le pire ravageur phyllophage est probablement la chenille arpenteuse du soja (*Xanthodes graellsii*). Les mouches mineuses (essentiellement *Melanagromyza sojae* et *Ophiomyia centrosematis*) peuvent entraîner une perte totale des rendements. Les semis de soja sont quelquefois endommagés par les vers gris (*Agrotis* spp.). Aucun ravageur des greniers d'importance n'est signalé en Afrique, excepté les rongeurs.

Récolte Les graines mûres de cultivars de soja précoces peuvent être récoltées 65 jours après le semis ; les cultivars tardifs peuvent demander plus de 150 jours. En Afrique tropicale, on laisse en général sécher les plantes sur le champ et les plantes entières (sans les racines) sont ramassées à la main lorsque la plupart des feuilles ont jauni et sont tombées, et que les gousses sont devenues marron. La teneur en eau des graines à la récolte doit être de 14–15%. Les gousses des anciens cultivars ayant tendance à s'égrener au champ en séchant, les plantes ont besoin d'être récoltées à temps pour éviter une trop grande perte de rendement. La récolte par moissonneuse-batteuse est pratiquée sur les fermes et domaines de grande taille. En tant que légume, les graines de soja sont récoltées lorsque les gousses sont encore vertes mais bien remplies de graines.

Rendements La moyenne des rendements en soja au niveau mondial est de 2,25 t/ha ; pour les Etats-Unis, elle est de 2,5 t/ha. Sur de petites exploitations en Afrique tropicale, les rendements atteignent souvent à peine 0,5 t/ha en raison à la fois de mauvaises conditions du sol et d'une mauvaise conduite. Cependant, des rendements supérieurs à 2 t/ha ont été enregistrés sur de petites exploitations au Zimbabwe et au Nigeria, notamment lorsque les paysans cultivent le soja comme une culture de rente qu'ils vendent sur les marchés alimentaires des villes ou à l'industrie pour l'huile et les aliments du bétail. Le rendement moyen des gros exploitants commerciaux tourne autour de 2 t/ha. Dans des conditions optimales de culture, des rendements supérieurs à 4,5 t/ha ont été enregistrés au Zimbabwe. Au Nigeria et dans la plupart des pays d'Afrique de l'Ouest, le potentiel de rendements du soja est d'environ 3 t/ha.

Traitement après récolte Les plantes entières sont séchées au soleil. Elles sont ensuite battues au bâton. Les graines sont vannées, nettoyées et préparées pour être stockées ou expédiées au marché. Pour un stockage sur l'exploitation, une teneur en eau de 10–12% doit être maintenue. L'altération des graines au cours du stockage est un problème prépondérant sous les tropiques humides et est imputable aux mauvaises conditions de stockage de même qu'aux ravageurs. Dans la région des savanes d'Afrique de l'Ouest, des producteurs ont mis au point des méthodes appropriées de manutention des graines de semence, qui permettent d'assurer une bonne germination lorsqu'ils réutilisent leurs propres semences.

Ressources génétiques Les collections les plus importantes de ressources génétiques de soja sont détenues en Chine (Institute of Crop Germplasm Resources (CAAS), Beijing, 23 600 entrées ; Nanjing Agricultural University, Nanjing, 13 000 entrées), aux Etats-Unis (USDA-ARS Soybean Germplasm Collection, Urbana, Illinois, 18 400 entrées) et à Taiwan (Centre de recherche et de développement sur les légumes en Asie (AVRDC), Shanhua, 12 500 entrées). En Afrique tropicale, d'importantes collections de ressources génétiques sont détenues au Zimbabwe (Crop Breeding Institute, Harare, 2250 entrées), au Nigeria (Institut international d'agriculture tropicale (IITA), Ibadan, 1800 entrées), au Rwanda (Institut des sciences agronomiques du Rwanda (ISAR), Butare, 550 entrées) et au Kenya (National Genebank of Kenya, Crop Plant Genetic Resources Centre, KARI, Kikuyu, 130 entrées).
Le matériel génétique en collection a été utilisé avec succès pour l'amélioration de la résistance aux maladies et ravageurs, de la morphologie de la plante et de la composition des graines. La diversité génétique des cultivars de soja est relativement restreinte. Par exemple, on peut faire remonter l'origine d'environ 80% du pool

génétique des cultivars de soja cultivés aux Etats-Unis à seulement 7–10 introductions provenant de la même zone géographique. Il s'avère donc nécessaire d'élargir la base génétique du soja cultivé en utilisant les espèces apparentées sauvages.

Sélection Le travail de sélection du soja en Afrique tropicale a pour but la mise au point de cultivars améliorés ayant un rendement en graines élevé et stable, une résistance aux principales maladies et ravageurs, une tolérance à la toxicité de l'aluminium, une résistance à la verse et à l'égrenage spontané des gousses, une nodulation généraliste, des graines à longévité améliorée, de couleur acceptable, et possédant une bonne teneur en huile et en protéines. Un programme d'amélioration mené à l'IITA cherche depuis le début des années 1980 à combiner le potentiel de rendement des cultivars créés en Amérique du Nord avec l'aptitude "généraliste" (ou de nodulation naturelle) des cultivars traditionnels en provenance d'Asie pour noduler et fixer l'azote sans inoculation dans les sols africains. Ce programme d'amélioration a produit une série d'excellents cultivars à fins multiples qui allient un port feuillu à un type de graine satisfaisant et à un potentiel de rendement élevé. Ces cultivars sont appréciés des petits paysans car ils fournissent de la biomasse pour le fourrage ou pour améliorer la fertilité du sol, en plus de permettre des rendements en graines élevés. Ils sont fortement encouragés actuellement dans de nombreux pays d'Afrique de l'Est et de l'Ouest. En Afrique australe, on a reconnu les bénéfices similaires d'un cultivar en grande partie non amélioré, 'Magoye'. Le 'Magoye' est un cultivar feuillu, indéterminé, relativement résistant aux stress et à la sécheresse de mi-saison, qui pousse mieux sur les sols pauvres que certains cultivars améliorés, et qui nodule bien avec les rhizobiums indigènes. Malgré la petitesse de ses graines jaunes et sa sensibilité à certaines maladies comme la pustule bactérienne, cela en fait un cultivar attractif pour les petits paysans d'Afrique australe.

Les recherches à l'IITA ont identifié des lignées de soja qui favorisent la germination de *Striga hermonthica* (Delile) Benth., une adventice parasite qui infecte le maïs, le sorgho et le mil et qui constitue l'un des principaux obstacles à la production de ces céréales en Afrique. La raison probable de cet effet du soja est la présence d'exsudats racinaires. L'inclusion de ces cultivars de soja en rotation culturale stimule la germination de *Striga* et réduit les taux d'infestation dans les cultures suivantes de sorgho, de maïs ou de mil du fait de la baisse du nombre de graines de *Striga* dans le sol. Après germination, les plantes de *Striga* n'arrivent pas à parasiter le soja, et meurent sans donner de graines. Un essai mené sur 3 ans au Bénin a montré que 2 saisons de soja suivi par du maïs réduisaient l'apparition de *Striga hermonthica* d'environ 80–90% tout en faisant passer le rendement du maïs de 1,5 t/ha à 3 t/ha. Des résultats similaires ont été obtenus dans des champs au Nigeria. Le soja devenant plus courant dans les zones où l'on cultive le maïs, le sorgho et le mil, les dégâts causés par *Striga hermonthica* devraient en être réduits d'autant.

Un certain nombre de sociétés semencières privées se sont lancées dans la sélection du soja en Afrique australe, en privilégiant notamment les cultivars adaptés à une production mécanisée. Elles ont pour objectifs certaines caractéristiques, en particulier un fort rendement en graines, la résistance à la verse et à l'égrenage spontané des gousses, la déshydratation rapide des tiges, la qualité des graines et la résistance aux maladies (spécialement les taches foliaires rouges et les taches ocellées). Parmi les nouveaux cultivars, citons 'Solitaire', 'Soma', 'Soprano' et 'Viking', qui présentent tous une certaine résistance à la maladie des taches ocellées. Ces cultivars sont tous spécifiques dans leur aptitude à la nodulation et nécessitent une inoculation avec les rhizobiums appropriés. On produit, on vend et on utilise des inoculums pour le soja à grande échelle à la fois au Zimbabwe et en Afrique du Sud.

Le soja est une espèce de premier plan dans le cadre de la transformation génétique. En 2001, la superficie mondiale plantée en soja transgénique tolérant aux herbicides était estimée à 33 millions d'ha ; il était cultivé aux Etats-Unis, en Argentine, au Canada, au Mexique, en Uruguay, en Roumanie et en Afrique du Sud. Des cartes de liaison génétique ont été élaborées pour le soja à partir de différents marqueurs (RFLP, SSR, RAPD, AFLP), et diverses cartes génétiques d'une densité modérée à élevée sont désormais disponibles. La régénération in vitro du soja est possible par l'organogenèse et l'embryogenèse somatique.

Perspectives Le soja est une culture relativement récente en Afrique tropicale. On a longtemps pensé que ce n'était pas une plante alimentaire qui convenait à la région, à cause de la longueur de son temps de cuisson et de son goût inacceptable. Toutefois, au fil des dernié-

res décennies elle a rapidement gagné du terrain en Afrique tropicale. Le Nigeria en particulier a connu une expansion rapide de la production de soja chez les petits paysans dans la zone des savanes au cours des années 1990. Le moteur de cette expansion a été l'emploi du soja dans la préparation de nombreux plats traditionnels ainsi que l'introduction du tofu de soja qui n'a pas tardé à devenir l'un des en-cas les plus répandus sur les marchés de la région et est désormais largement employé par l'industrie alimentaire. Dans certaines régions, la baisse des prix mondiaux peut limiter les occasions qu'ont les producteurs locaux de répondre à la hausse de la demande locale de soja. Ce dernier peut jouer un rôle de plus en plus important dans la diversification des systèmes agraires céréaliers en Afrique tropicale. Outre qu'ils représentent une source d'azote résiduelle pour les céréales qui suivent dans la rotation, les nouveaux cultivars à fins multiples mis au point par l'IITA ont un autre atout : ils permettent de limiter les dommages causés par *Striga hermonthica* sur le maïs, le sorgho et le mil, offrant ainsi l'occasion déterminante aux petits paysans de bénéficier de rotations culturales durables. Il y a donc de fortes chances pour qu'à l'avenir la production de soja se répande dans de nombreux pays d'Afrique tropicale.

Références principales Boerma & Specht, 2004; Carsky et al., 2000; Dashiell & Fatokun, 1997; Hymowitz, 1995; Javaheri & Baudoin, 2001; Mpepereki et al., 2000; Sanginga et al., 2003; Shanmugasundaram & Sumarno, 1989; Sin-clair, 1998; Singh, Rachie & Dashiell (Editors), 1987.

Autres références Akem & Dashiell, 1996; Aljanabi, 2001; Dashiell & Akem, 1991; FAO, 1998; Giller, 2001; Hanelt & Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (Editors), 2001; Hume, Shanmugasundaram & Beversdorf, 1985; ILDIS, 2005; James, 2002; Mackinder et al., 2001; Musiyiwa, Mpepereki & Giller, 2005; Rehm & Espig, 1991; Sanginga, Thottappilly & Dashiell, 2000; Sanginga et al., 1997; Sanginga et al., 1999; Shannon & Kalala, 1994; Thulin, 1989; Tindall, 1983; USDA, 2004; Weiss, 2000.

Sources de l'illustration Shanmugasundaram & Sumarno, 1989.

Auteurs K.E. Giller & K.E. Dashiell
Basé sur PROSEA 1: Pulses.

GUIZOTIA ABYSSINICA (L.f.) Cass.

Protologue Dict. Sci. Nat. 59 : 237, 248 (1829).

Famille Asteraceae (Compositae)

Nombre de chromosomes $2n = 30$

Noms vernaculaires Noug, niger, Guizotia oléifère (Fr). Niger seed, niger, ramtil (En). Níger, verbesina da India (Po).

Origine et répartition géographique Le noug est originaire d'Ethiopie, et son ancêtre sauvage est probablement *Guizotia schimperi* Sch.Bip. Il a sans doute été domestiqué avant 3000 avant J.-C. sur les hautes terres d'Ethiopie, où il est encore cultivé comme oléagineux. De là, les marchands l'ont emporté en Inde avant l'ère chrétienne et c'est probablement à la même période qu'il s'est répandu dans d'autres pays d'Afrique de l'Est. De nos jours, le noug est cultivé sur de vastes territoires en Ethiopie, en Inde et au Népal, et à plus petite échelle dans certaines régions montagneuses d'Afrique orientale et australe, au Bangladesh, au Bhoutan et au Pakistan ainsi que dans les Antilles. Au XIXe siècle, il était cultivé également en Europe où on le rencontre encore parfois, et il est produit actuellement à petite échelle aux Etats-Unis.

Usages Le noug, tel qu'on l'appelle en Ethiopie, est une source appréciée d'huile comestible dans ce pays. Son nom anglais "niger seed" désigne aussi bien le fruit que la plante entière. En Ethiopie, c'est la première ressource en huile alimentaire dans la plupart des régions, et il représente environ la moitié de la production totale d'huile végétale. En Inde, c'est surtout un substitut à l'huile de sésame ou une denrée servant à l'allonger, et il ne con-



Guizotia abyssinica – planté

tribue qu'à hauteur de 2% à la production nationale d'huile alimentaire. Les graines de noug entrent dans la préparation de chutneys, de condiments et de bouillies, on les mélange à des légumes secs pour confectionner des en-cas, et elles sont broyées pour en tirer de la farine et préparer des boissons. En Ethiopie, les graines légèrement torréfiées sont broyées avec du sel et mélangées avec des céréales grillées pour préparer des amuse-gueules qu'on appelle "litlit" et "chibito", et que l'on présente au cours de cérémonies du café. Dans les pays occidentaux, la graine de noug est un important ingrédient des mélanges pour oiseaux. En dehors de son usage culinaire, l'huile sert à l'éclairage, en médecine et pour les cosmétiques, à fabriquer de la peinture et du savon et on l'utilise jusqu'à un certain point pour la lubrification. En médecine traditionnelle, l'huile est utilisée en contraception et pour traiter la syphilis. Un test destiné à l'identification du champignon *Cryptococcus neoformans*, responsable d'une maladie grave du cerveau, est mené sur un milieu d'agar-agar avec du noug. Des germes de noug mélangés avec de l'ail et du miel se prennent pour traiter la toux. On cultive la plante entière comme fourrage pour les moutons. Les bovins refusent de manger la plante verte, mais ils l'acceptent ensilée. En Ethiopie, la paille sert de combustible pour la cuisine. Le noug se cultive aussi comme engrais vert. Le tourteau de graines, qui a une digestibilité d'environ 70% in vitro, est le complément protéique le plus communément utilisé dans l'alimentation animale en Ethiopie.

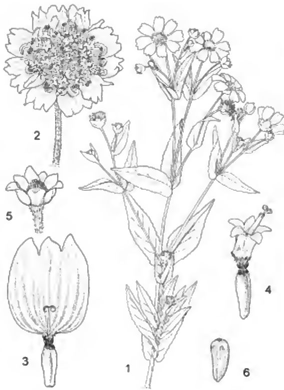
Production et commerce international Les statistiques de production de noug varient énormément. La production est concentrée en Ethiopie et en Inde qui, dans les années 1990, avaient une production annuelle cumulée d'environ 350 000 t. Au cours des dernières années, la production annuelle de noug a connu de grandes variations en Ethiopie : elle a été évaluée à 84 000 t en 2002, 85 000 t en 2003 et 114 000 t en 2004. Cette fluctuation est aussi à l'image de la variation des exportations (qui vont de zéro à 20 000 t par an) à destination de l'Europe (surtout l'Italie) et du Japon. La production de noug en Inde est en baisse ; évaluée à 200 000 t en 1990, elle était tombée à 120 000 t en 2000.

Propriétés La composition du noug par 100 g (partie pour l'extraction de l'huile) est la suivante : eau 4,1–7,8 g, énergie 2033 kJ (483 kcal), protéines 17,0–17,7 g, lipides 31,9–36,2 g, glucides 34–40 g, fibres 13,4–13,6 g, Ca 400–540 mg, P 690–910 mg, β-carotène 0 mg, thiamine 0,0–0,94 mg, riboflavine 0,3–0,9 mg, niacine 0,5–6,4 mg (Leung, Busson & Jardin, 1968). La teneur en huile varie de 25% à 45% du poids des graines pour les types non améliorés et de 50% à 60% pour les souches sélectionnées. En Ethiopie, la teneur moyenne en huile est de 45%.

Les principaux acides gras de l'huile de noug éthiopienne sont l'acide palmitique 7,6–8,7%, l'acide stéarique 5,6–7,5%, l'acide oléique 4,8–8,3% et l'acide linoléique 74,8–79,1%. L'acide palmitoléique, l'acide linolénique, l'acide arachidique, l'acide eicosénoïque, l'acide béhénique, l'acide érucique et l'acide lignocérique constituent les 2–3% restants. Le point de solidification de cette huile se situe entre –9°C et –15°C. Si l'huile éthiopienne contient plus de 70% d'acide linoléique, l'huile indienne n'en contient que 45–70%, mais en revanche 15–40% d'acide oléique. L'huile de noug est lentement siccative, elle est claire, jaune pâle, sans odeur ou avec un très léger parfum, et elle a une saveur de noisette.

Le tourteau contient par 100 g : eau 8,8 g, énergie 1475 kJ (352 kcal), protéines 21,7–23,2 g, lipides 4,9–6,9 g, fibres 24,6–28,9 g, Ca 123–681 mg, P 680–2353 mg (Leung, Busson & Jardin, 1968). Le tourteau issu de graines indiennes tend à avoir une teneur en protéines plus élevée et une teneur en fibres plus faible que celui des graines éthiopiennes. La composition en acides aminés des protéines est relativement équilibrée, mais les différents essais font ressortir une carence pour différents acides aminés. Les racines de noug contiennent un composé soluble dans l'eau qui a un effet allélopathique sur les monocotylédones, ce qui diminue la fréquence des adventices dans les cultures suivantes de la rotation.

Description Plante herbacée annuelle érigée, trapue, atteignant 2 m de haut, lisse à légèrement scabre ; système racinaire bien développé, à racine pivotante et nombreuses racines latérales, surtout dans les 5 cm du haut : tige cylindrique, creuse, atteignant 2 cm de diamètre, ramifiée, vert pâle, souvent tachetée ou mouchetée de violacé, jaunissant avec l'âge, poilue à poils blancs multicellulaires. Feuilles opposées, celles du haut parfois alternes, simples, sessiles et embrassant la moitié de la tige ; stipules absentes ; limbe lancéolé à étroitement ovale ou obovale, de 3–23 cm × 1–6 cm, base tronquée à cordée, apex effilé, bord entier à denté, cilié, couvert de poils doux sur les deux faces, généralement vert foncé mais



Guizotia abyssinica – 1, rameau en fleurs ; 2, capitule floral ; 3, fleur ligulée ; 4, fleur du disque ; 5, capitule en fruits ; 6, fruit.
Source: PROSEA

nettement teinté de jaune chez les feuilles du bas. Inflorescence : capitule axillaire ou terminal, en coupe, de 1–3 cm de diamètre, disposé en cymes, entouré de bractées involucrales foliacées atteignant 3 cm de long et organisées en plusieurs rangées, celles de l'intérieur prenant graduellement l'aspect de paléoles entre les fleurs ; pédoncule atteignant 14 cm de long, densément poilu à proximité du capitule. Fleurs ligulées 6–15, femelles, à ligule obovale à rectangulaire, de 14–21 mm × 5–6 mm, à 3 dents, jaune vif, virant au jaune d'or avec l'âge, ovaire infère, de 4–4,5 mm de long, à 4 côtes longitudinales, style atteignant 7 mm de long, stigmate à 2 branches d'environ 2 mm de long ; fleurs du disque 40–60, bisexuées, à tube atteignant 5 mm de long, 5-lobées, jaunes à oranges ; étamines 5, anthères oranges, soudées, pourvues d'un appendice apical. Fruit : akène obovoïde à obconique de 3–6 mm × 1,5 mm, quadrangulaire, sans pappus, d'un noir brillant mais parfois marbré. Plantule à germination épigée.

Autres données botaniques Le genre *Guizotia* comprend 6 ou 7 espèces, toutes originaires d'Afrique tropicale. *Guizotia abyssinica* est la seule espèce d'importance économique. *Guizotia abyssinica* s'apparente étroitement à *Guizotia schimperi*, que certains considèrent comme l'ancêtre de *Guizotia abyssinica*, mais en qui d'autres spécialistes voient une sous-espèce de *Guizotia scabra* (Vis.) Chiov.

Les pools génétiques éthiopiens et indiens de *Guizotia abyssinica* sont différents en raison d'un isolement géographique depuis longtemps, le pool éthiopien étant plus variable. Le noug indien fleurit et mûrit plus tôt, et le poids de ses graines est plus élevé. Les types cultivés en Ethiopie mûrissent plus tard, ils sont de plus grande taille et ont un rendement plus élevé. En Ethiopie, le noug est classé en trois types selon la longueur de la période de maturité : "abat noug", un type à maturité tardive, cultivé sur les hautes terres pendant la principale saison des pluies (juin à décembre) ; "mesno noug", un type de saison courte semé tard en saison (septembre) sur des terres détrempées et récolté en janvier ; et "bunegne noug", un type des basses terres semé en juillet et récolté en octobre.

Croissance et développement Les graines germent en quelques jours et les jeunes plantes prennent immédiatement un port érigé. Les premières pousses latérales se forment lorsque les plantes ont 6–8 feuilles et font environ 30 cm de haut. La plupart des types de noug sont des plantes de jours courts parmi lesquelles il n'existe que quelques plantes isolées insensibles à la longueur du jour. La longueur critique du jour est d'environ 12 heures. Par jours courts, la floraison débute environ 60 jours après la germination. La sensibilité à la photopériode est plus forte chez les cultivars éthiopiens que chez les cultivars indiens, alors que chez les plantes indiennes, l'induction florale a sans doute lieu plus tôt en cours de développement. On a observé que des jours courts un mois après le semis produisaient une induction complète chez les plantes indiennes mais aucune chez les plantes éthiopiennes. Chez ces dernières, l'induction a lieu 55–75 jours après le semis. Chez les cultivars éthiopiens, des températures élevées retardent la floraison, phénomène inconnu chez les cultivars indiens. Les fleurs sont pollinisées par les insectes, surtout les abeilles. Bien que le style des fleurs du disque soit recouvert de pollen à sa sortie, l'autofécondation est rare parce que le pollen ne couvre pas la partie réceptive du stigmate et que les plantes sont auto-incompatibles. En Ethiopie, chaque capitule fleurit pendant 8 jours environ ; un champ met à peu près 6 se-

maines pour achever sa floraison. Il s'écoule 45–55 jours de la floraison à la maturité. En Ethiopie, le noug met 120–180 jours à mûrir après la levée selon le cultivar, et 75–120 jours en Inde.

Ecologie Le noug est une plante de jours courts adaptée à l'environnement tropical frais de moyenne altitude et des hautes terres d'Afrique orientale, mais il s'est adapté aux basses terres tropicales et subtropicales de l'Inde et au climat tempéré d'Europe. Il est cultivé à des altitudes qui vont de 500 m à bien au-dessus de 2500 m. En Ethiopie, les principales régions de production de noug se situent à 1600–2300 m d'altitude, où la moyenne des températures quotidiennes maximales est de 23°C et celle des minimales de 13°C pendant la saison des pluies. La température quotidienne moyenne optimale pour la production de noug est de 16–20°C. Au-dessus de 30°C, les taux de croissance et de floraison sont affectés négativement et la maturité est hâtée. Les températures nocturnes ne doivent pas tomber en dessous de 2°C. En Inde, on obtient les meilleurs rendements en dessous de 1000 m d'altitude, avec des températures de 18–23°C. Des précipitations de 1000–1300 mm sont optimales et 500 mm d'eau peuvent suffire, en fonction de leur répartition et du cultivar. Le noug n'est pas cultivé dans les zones de fortes précipitations où une croissance trop vigoureuse aurait un impact négatif sur la production de graines et d'huile ; des précipitations supérieures à 2000 mm peuvent se traduire par un rendement réduit.

Adapté à toutes sortes de sols, le noug préfère toutefois les limons argileux ou les limons sableux avec un pH de 5,2–7,3. Il est souvent cultivé sur des sols sableux pauvres, mais également sur des vertisols lourds. En Ethiopie, il est produit sur les argiles brun foncé de Gonder, les limons argileux brun rougeâtre de Gojam et Welega et les argiles limoneux de Shoa. Pendant la croissance végétative, le noug peut supporter les sols engorgés. Il est extrêmement résistant à un sol pauvre en oxygène, ce qu'expliquent le développement d'un aérenchyme et une capacité à former des racines respiratoires. Certaines sélections de noug sont modérément tolérantes au sel, mais la floraison peut être retardée par une salinité du sol plus élevée.

Multiplication et plantation Le noug est multiplié par graines. Les graines bien séchées peuvent se conserver au sec sans précautions spéciales pendant au moins 4 ans sans perdre leur viabilité. Le poids de 1000 graines (akènes) est de 2–5 g. En Ethiopie, la principale saison de semis est mai–juillet, alors qu'en Inde le noug se sème en juin–août comme culture de saison des pluies ou en septembre–mi-novembre comme culture d'hiver. Un lit de semis bien plan, obtenu après 2 ou 3 préparations du sol, est essentiel pour garantir une profondeur homogène de semis des petites graines et par la suite une bonne levée uniforme. En Ethiopie, il est rare que le travail du sol soit fait correctement et il ressemble à celui qui est pratiqué pour la mise en place d'autres espèces à petites graines. Les densités de semis sont variables : 5–15 kg/ha en Ethiopie et 5–8 kg/ha en Inde. En Ethiopie, la tradition est de semer à la volée à raison de 10–15 kg/ha et de recouvrir les graines jusqu'à une profondeur de 1–3 cm. Pour le semis, on mélange parfois les graines à du sable afin d'assurer une répartition uniforme. On fait parfois appel à des semoirs mécaniques. Puis on herse pour recouvrir les semences. En culture pure, la distance entre les lignes oscille de 30–50 cm selon l'état du sol. En culture mixte, la densité de semis dépend de la superficie attribuée au noug, qui est habituellement de 20–25%. On l'associe couramment à des légumes secs, mil, sorgho, ricin, tournesol et sésame. Il est également semé au bord des champs, car le bétail n'y touche pas.

Pour la micropropagation, les hypocotyles, les cotylédons et les feuilles sont cultivés in vitro et les taux de survie des plantules régénérées sont de 70–98%.

Gestion Dans la plupart des cas, le noug est indifférent à la culture qu'il suit dans la rotation, sauf s'il s'agit d'une autre culture de noug ou de maïs, qui ont une influence néfaste. Il se cultive aussi bien en association (généralement avec du sorgho, du maïs, du mil, du niébé, du soja ou des patates douces) qu'en culture pure. Une fois que les plantes sont établies, sa croissance est très rapide. Il est généralement nécessaire d'effectuer deux désherbages manuels, le premier lorsque la plante fait 10 cm de haut et le second avant l'apparition des boutons floraux, ou bien, lorsqu'il s'agit de semis en lignes, avant que le feuillage ne comble l'espace entre les lignes. Sa croissance dense et ses exsudats racinaires spécifiques permettent au noug de bien concurrencer les plantes adventices.

Traditionnellement, on n'applique pas directement d'engrais, mais le noug est cultivé sur la fertilité résiduelle du sol. En Ethiopie, la réponse du noug aux engrais est faible ; l'application d'engrais azotés et phosphatés (23 kg/ha de N et 10 kg/ha de P) ne semble rentable que

en cas de semis retardé. En Inde, des quantités de 10–20 kg de N et 10–20 kg de P à l'ha sont recommandées au moment du semis, suivies d'une fumure azotée de surface de 10–20 kg/ha 30–35 jours après le semis. Une augmentation de rendement de 60% a été obtenue après une application de N, et de 40% avec une application de P, tous deux à la dose de 40 kg/ha. Le potassium n'a pas engendré d'effets significatifs. On utilise aussi du fumier (4–5 t/ha), parfois en association avec 10–20 kg de N/ha. Une incorporation de biomasse de niébé dans le sol a donné de bons résultats sur le noug en Inde.

Maladies et ravageurs Le noug n'est pas sérieusement touché par les maladies ou les ravageurs. Des taches foliaires sont provoquées par *Cercospora guizoticola* et *Alternaria* spp. ; celles-ci vont également de pair avec une infection des tiges. On a signalé aussi une pourriture des racines due à *Macrophomina phaseolina*. Des infections secondaires de flétrissement bactérien (*Pseudomonas* spp.) se produisent de temps en temps. En Inde, la pourriture des racines par *Phytophthora* affecte parfois les semis.
Il arrive que des chenilles défoliatrices comme *Spodoptera* spp. attaquent le noug en Ethiopie et en Afrique de l'Est. La noctuelle (*Helicoverpa armigera*) peut faire des dégâts aux capitules et aux graines en cours de développement. Les pucerons (*Macrosiphum* spp.) sont courants, et les thrips (*Frankliniella schultzei*) infestent les fleurs de noug. Les autres ravageurs sont les mouches du noug (*Eutretosoma* spp. et *Dioxyna sorercula*), les méligèthes (*Meligethes* spp.), un charançon apionidé (*Piezotrachelus* spp.) et une mineuse des feuilles (*Sphaeroderma guizotiae*). La mouche du noug pond ses œufs dans les fleurs du disque et les larves détruisent les fleurs par la suite. Le méligèthe mange les grains de pollen, ce qui a un effet négatif sur la pollinisation. Des mesures de lutte contre les chenilles et autres insectes ravageurs ont été mises au point en Inde. Les oiseaux peuvent également endommager le noug au stade de la maturation.
La cuscute (*Cuscuta campestris* Yunck.), une adventice parasite, est responsable de sérieuses pertes en Ethiopie et en Inde. Le désherbage manuel et l'application d'herbicides (par ex. du chloroprophame, du propyzamide) sont efficaces.

Récolte Comme les capitules du noug ne mûrissent pas tous au même moment et que l'égrenage peut réduire le rendement d'au moins 25%, il faut déterminer soigneusement le moment de la récolte. Le meilleur moment pour récolter est juste avant la maturité de la culture, environ 3 semaines après que soient tombés la moitié des fleurons. A ce stade, lorsque les feuilles du haut se mettent à virer du vert au jaune, les fruits sont jaune-brun et leur taux d'humidité est d'environ 45%. En Inde, la pratique est de récolter lorsque les feuilles sont sèches et quand les capitules virent au noir. Coupés à la faucille au niveau du sol, les pieds sont mis en bottes et empilés au champ pour sécher pendant quelques jours. Le battage est effectué au champ ou sur une aire de battage traditionnelle. En Inde, il se pratique essentiellement à la main. En Ethiopie, on emploie des bœufs, soit pour piétiner la récolte soit pour tirer un petit traîneau à dépiquer. Pour ne pas salir les graines, on se sert de bâches ou de feuilles de plastique. On peut adapter au noug de petites batteuses à pédales utilisées pour le riz. Avant le stockage, on procède au vannage des graines battues.

Rendements En Ethiopie, le rendement en graines varie entre 200–500 kg/ha mais des rendements de 1000 kg/ha ont aussi été obtenus. Des cultivars améliorés, alliés à de meilleures pratiques agricoles, peuvent atteindre des rendements de 1000 kg/ha. En Inde, des rendements en graines de 250–400 kg/ha sont courants, mais ils atteignent 500–600 kg/ha lorsque le noug est cultivé dans des sols moyennement fertiles.

Traitement après récolte Les graines sont conservées dans des sacs ou d'autres récipients. Il faut les protéger contre les ravageurs des greniers et les transporter aux sites de stockage en vrac dès que possible. Le taux d'humidité des graines stockées doit être inférieur à 8% pour empêcher les dégâts d'entreposage, surtout les moisissures. En Ethiopie, l'extraction de l'huile domestique est effectuée en écrasant les graines sèches en une fine poudre à laquelle on ajoute de l'eau chaude, en remuant jusqu'à ce que l'huile vienne flotter à la surface, et en récupérant ensuite l'huile à la louche. Mais la majeure partie de l'huile est traitée de nos jours dans de petits pressoirs à huile mécanisés. En Inde, l'extraction se fait traditionnellement avec un "ghanis" tiré par des bœufs, dans de petits moulins rotatifs ou des pressoirs hydrauliques ou à vis. La durée de conservation de l'huile extraite sur place est souvent insuffisante, mais un chauffage suivi d'un stockage dans des récipients hermétiques peut la prolonger.

Ressources génétiques Les collections de ressources génétiques de noug les plus impor-

tantes sont détenues à l'Institute of Biodiversity Conservation (autrefois Plant Genetic Resources Center) d'Addis Abeba en Ethiopie (environ 1000 entrées), le All India Coordinated Research Project on Oilseeds de Jabalpur (560 entrées) et le India National Bureau of Plant Genetic Resources d'Akola (200 entrées). En Ethiopie, plusieurs centaines de variétés locales ont été caractérisées et enregistrées. L'adoption de cultivars améliorés au détriment des variétés locales n'est pas répandue en Ethiopie. En Inde, la collection de base de noug est maintenue à –20°C pour permettre sa conservation à long terme et à 4°C pour sa conservation à moyen terme. On ne pratique pas dans ce pays la conservation des collections de travail in vitro et in situ ; par contre, les collections sont maintenues et régénérées par croisements frère-sœur (pendant leur multiplication, les plantes d'une entrée sont isolées en groupe pour éviter leur croisement avec d'autres entrées) pour produire des stocks de semences viables.

Sélection Les populations de noug en Ethiopie et en Inde sont très hétérogènes, ce qui est une indication du fort potentiel d'augmentation des rendements par la sélection, et il existe des programmes d'amélioration génétique dans les deux pays. En matière de taille de la plante et de précocité de floraison, on a trouvé une importante variation et une héritabilité élevée ; variation et héritabilité étaient moins importantes pour le nombre de ramifications, le nombre de capitules floraux, le poids de 1000 graines et le rendement par plante. Les objectifs de sélection pour le noug sont d'accroître les rendements en graines et la teneur en huile et de réduire l'égrenage. En suivant l'exemple du tournesol et du carthame, on a émis l'hypothèse que des types nains à capitule unique et à maturité uniforme devaient être mis au point pour atteindre le premier de ces objectifs. Il semble faisable d'augmenter la teneur en huile en raison de la variabilité génétique existante et exploitable en sélection. Etant donné que le noug est auto-incompatible, les sélectionneurs indiens et éthiopiens ont adopté des programmes d'amélioration des populations tels que la sélection massale et le croisement frère-sœur. Un protocole pour la modification génétique au moyen d'*Agrobacterium tumefaciens* a récemment été mis au point.

La production de noug en Ethiopie repose surtout sur les variétés-populations locales. Cinq cultivars améliorés ont été mis sur le marché par l'Ethiopian Research Organization (anciennement Institute of Agricultural Research) : 'Sendafa' (aujourd'hui obsolète) ; 'Esete-1' (1988) : moyennement précoce à tardif, à rendement élevé en graines et à forte teneur en huile ; 'Fogera-1' (1988) : semblable à 'Esete-1' par de nombreux aspects, mais à rendement en graines légèrement inférieur ; 'Kuyu' (1994) : précoce à moyennement précoce, à rendement élevé en graines et doté d'un bon niveau de résistance à de nombreux ravageurs et maladies communs ; et 'Shambu-1' (2002) : précoce, venant en deuxième place pour le rendement en graines (après 'Kuyu'), à teneur en huile plus élevée que 'Kuyu' et doté d'un bon niveau de résistance à de nombreux ravageurs et maladies communs.

Les cultivars améliorés les plus connus en Inde sont : 'Ootacamund', 'Deomali', 'Paiyur-1', 'IPG-76' et 'JNC-6' ; aux Etats-Unis, 'EarlyBird' a été mis au point pour les Etats des Prairies du nord.

Perspectives Bien que le noug soit produit principalement en Asie du Sud, en Ethiopie et dans d'autres pays d'Afrique, il est possible de le cultiver dans toutes les régions fraîches des tropiques et dans les zones tempérées. Il constitue une bonne tête de rotation pour de nombreuses cultures car les plantes qui le suivent sont peu infestées par les mauvaises herbes et profitent des grandes quantités de matière organique laissées dans le sol. Le semis et la récolte peuvent être mécanisés à l'aide d'équipements agricoles classiques. L'Ethiopie autant que l'Inde offrent d'excellentes ressources génétiques pour son amélioration. Le noug représente une excellente opportunité du fait que son marché est bien établi et significatif, et que les prix sont attractifs.

Références principales Adefris Teklewold & Adugna Wakjira, 2004; Adefris Teklewold & Bulcha Weyessa, 2001; Baagoe, 1974; Bulcha Weyessa, Adugna Wakjira & Agajie Tesfaye, 2002; Dagne, 2001; Dagne & Jonsson, 1997; Getinet & Sharma, 1996; Seegeler, 1983; Umali & Yantasath, 2001; Weiss, 2000.

Autres références Central Statistical Authority, 2001–2003; Geleta et al., 2002; Getinet Alemaw & Adefris Teklewold, 1992; Kandel & Porter (Editors), 2002; Kandel et al., 2004; Leung, Busson & Jardin, 1968; Marini et al., 2003; Murthy et al., 2003; Riley & Belayne, 1989; Tsige Genet & Ketema Belete, 2000.

Sources de l'illustration Umali & Yantasath, 2001.

Auteurs W. Bulcha

Basé sur PROSEA 14: Vegetable oils and fats.

HELIANTHUS ANNUUS L.

Protologue Sp. pl. 2 : 904 (1753).
Famille Asteraceae (Compositae)
Nombre de chromosomes $2n = 34$
Noms vernaculaires Tournesol (Fr). Sunflower (En). Girassol (Po). Alizeti (Sw).

Origine et répartition géographique L'espèce sauvage *Helianthus annuus* s'est répandue depuis le sud-ouest des Etats-Unis, dont il est originaire, à la plupart des autres régions d'Amérique du Nord en parallèle avec les migrations humaines des temps préhistoriques. D'après les restes archéologiques, les tournesols modernes à capitule unique sont dérivés de types domestiqués pour la première fois au centre de l'Amérique du Nord il y a plus de 5000 ans. Les explorateurs européens du XVIe siècle trouvèrent des tournesols de très grande taille et à gros capitules, couramment utilisés comme aliment et comme source d'huile. Le tournesol suscita un engouement en Europe comme plante d'ornement inédite peu de temps après sa première introduction du Mexique vers 1510 dans le jardin botanique de Madrid. Son potentiel d'oléagineux pour des latitudes plus élevées devint évident au XVIIIe siècle en Russie et, vers 1880, le tournesol était alors cultivé sur quelque 150 000 ha, principalement dans les régions de l'Ukraine et du Caucase pour la fabrication d'une huile végétale comestible. Dans l'Union soviétique des années 1930, plus de 3 millions d'ha de tournesol étaient récoltés chaque année, contre 0,5 millions d'ha dans le reste de l'Europe, notamment en Hongrie et dans la péninsule Balkanique. Des programmes d'amélioration génétique en Union soviétique mirent au point des cultivars de tournesol à haut rendement et riches en huile, qui jouèrent un rôle crucial dans l'expansion de la production de tournesol en Europe et d'autres parties du monde entre 1920 et 1970. La production moderne de tournesol en Amérique du Nord et du Sud (principalement aux Etats-Unis, au Canada et en Argentine) prit son essor à partir de types de tournesol réintroduits par des immigrants d'Europe de l'Est et de Russie à la fin du XIXe siècle et à partir de cultivars russes importés après 1960. La mise en œuvre de la technologie des semences hybrides F_1, en association avec des ports de plante nains et semi-nains, une teneur élevée de la graine en huile et une résistance aux maladies et aux ravageurs ont été des facteurs très importants, qui ont débouché sur une augmentation spectaculaire de la production de tournesol depuis 1980 en Argentine, en Inde, en Chine, en Turquie, dans l'Union européenne (par ex. la France et l'Espagne) et en Afrique du Sud. En Afrique tropicale, la production de tournesol est en expansion surtout sur les hautes terres des pays de l'est et du sud. Il arrive que le tournesol s'échappe des cultures et se naturalise, en Afrique tropicale également.



Helianthus annuus – planté

Usages Les graines de tournesol produisent une huile alimentaire d'excellente qualité, due à une proportion élevée d'acides gras insaturés, une quasi absence de substances toxiques, une couleur claire, un bon goût et une bonne odeur. On l'utilise surtout en cuisine et dans les salades, et pour fabriquer de la margarine, parfois pure, mais plus souvent en mélange avec d'autres huiles végétales. Les huiles de tournesol de qualité inférieure trouvent une application comme siccatifs pour les peintures et les vernis, ainsi que dans la fabrication de savon. Le principal sous-produit de l'extraction d'huile est une farine riche en protéines qui sert dans l'alimentation animale. Lorsqu'il a cette destination, on le mélange couramment à du tourteau de soja. La farine de tournesol dégraissée convient aussi à la consommation humaine et dans certains cas on l'utilise en boulangerie et en pâtisserie comme substitut partiel de la farine de blé. Lorsque l'huile est extraite industriellement, les tiges et les capitules sont transformés en cellulose et en tapis de fibres. Les peuples indigènes d'Amérique du Nord ont une longue tradition dans la préparation de produits ressemblant au pain à partir de graines de tournesol moulues.

Les graines (botaniquement des fruits) des cultivars non oléagineux, plus grosses et souvent rayées de noir et de blanc, se consomment

directement. En général, les graines les plus grosses (25% du total) se consomment salées et grillées en amuse-gueule, les graines moyennes (30–50%) sous forme d'amandes décortiquées entrent dans divers produits de boulangerie et de pâtisserie, et les plus petites sont destinées aux oiseaux et aux animaux de compagnie.
Le tournesol est parfois cultivé comme fourrage. Comparé au maïs, il a besoin d'une saison de croissance plus courte, il est plus tolérant à la sécheresse, il produit des rendements inférieurs mais un ensilage de qualité souvent légèrement supérieure. Le tournesol se cultive également comme plante ornementale de jardins en en pots, et c'est aussi une importante plante mellifère.

Production et commerce international La production mondiale moyenne annuelle de graines de tournesol entre 2002–2004 était de 26,2 millions de t environ, ce qui équivaut à 9,8 millions de t d'huile, sur 21,4 millions d'ha dans 66 pays. La Russie (4,3 millions de t) est le plus gros producteur, suivi par l'Ukraine (3,7 millions de t), l'Argentine (3,6 millions de t), la Chine (1,9 million de t), la France (1,5 million de t), la Roumanie (1,4 million de t), les Etats-Unis (1,2 million de t), l'Inde (1,1 million de t), la Hongrie (1,0 million de t), l'Afrique du Sud (800 000 t), l'Espagne (780 000 t) et la Turquie (750 000 t). Les pays d'Afrique tropicale qui ont une production de tournesol de taille notable sont la Tanzanie (28 000 t), le Soudan (18 000 t), le Kenya (12 000 t), l'Angola, le Mozambique et la Zambie (environ 11 000 t chacun).
La plus grande partie de l'huile est consommée dans les pays d'origine et seulement 30% se retrouve sur le marché international ; l'Union européenne en absorbe environ les deux tiers. Les pays exportateurs importants sont l'Argentine, les Etats-Unis et la Hongrie. Les 9–10 millions de t de tourteau de tournesol ont également une valeur commerciale considérable. L'huile représente environ 75% et la farine 25% de la valeur totale de la production de tournesol oléagineux. La plus grande partie de la farine de tournesol est vendue sur les marchés intérieurs, à l'exception des 1,0–1,5 million de t importées chaque année d'Argentine dans l'Union européenne. La production de tournesol non oléagineux ne représente que 5–10% de la production totale.

Propriétés La composition approximative de 100 g de graines de tournesol sèches est : eau 5 g, protéines 23 g, huile 50 g, glucides 19 g, fibres alimentaires 11 g, Ca 116 mg, Mg 354 mg, P 705 mg, Fe 6,8 mg, Zn 5,1 mg, thiamine 2,3 mg, riboflavine 0,25 mg, niacine 4,5 mg, folates 22,7 µg, acide ascorbique 1,4 mg (USDA, 2005). Les cultivars de tournesol oléagineux ont une teneur élevée en huile (>50%) et une faible proportion d'enveloppe (20–25%), tandis que les cultivars non oléagineux ont une faible teneur en huile (25–30%) et une forte proportion d'enveloppe (43–52%). Environ 98% de la totalité de l'huile est contenue dans l'amande et 1–2% dans l'enveloppe. Les acides gras de l'huile de tournesol traditionnelle sont l'acide palmitique (5–7%), l'acide stéarique (3–6%), l'acide oléique (16–36%), l'acide linoléique (61–73%) et des traces seulement d'acide linolénique. Les cultivars de tournesol "oléique" récemment mis au point ont une composition différente : acide palmitique 3–4%, acide stéarique 4–5%, acide oléique 80–90% et acide linoléique 3–9%. Une telle huile est moins sensible à la dégradation par oxydation qu'une huile à teneur élevée en acide linoléique polyinsaturé. L'huile de tournesol non raffinée contient 630–700 mg/kg de tocophérols (vitamine E soluble dans les graisses).
La farine de tournesol a un taux de protéines de 29–45% selon le cultivar et la méthode employée pour extraire l'huile, et c'est une bonne source de Ca, de P et du complexe des vitamines B. Ces protéines, qui sont très digestes et possèdent une bonne valeur biologique, présentent toutefois une légère déficience en lysine, acide aminé essentiel. L'acide chlorogénique est le principal facteur antinutritionnel de la farine de tournesol, mais à une concentration inférieure à 6 g/kg, il reste sans effet sur sa qualité nutritionnelle. La tige et l'enveloppe sont riches en K et le fourrage contient : protéines 9%, fibres 20% et cendres 15%.

Description Plante herbacée annuelle érigée atteignant 4(–5) m de haut, garnie de longs poils ; forte racine pivotante, atteignant 3 m de profondeur, à nombreuses racines latérales de 60–150 cm de long concentrées dans les premiers 40–60 cm du sol ; tige érigée, mais légèrement à brusquement courbée en dessous du capitule floral chez les plantes adultes, de 3–6 cm de diamètre, cylindrique mais côtelée, ramifiée chez de nombreux types sauvages, non ramifiée chez la plupart des types cultivés, ligneuse et anguleuse à maturité et devenant souvent creuse. Feuilles opposées dans la partie inférieure de la plante, celles du haut disposées en spirale, simples ; stipules absentes ; pétiole long ; limbe des feuilles inférieures cordé, celui des feuilles supérieures ovale, de 10–30 cm × 5–20 cm, apex aigu ou acuminé, bord



Helianthus annuus – 1, tige en fleurs ; 2, capitule en fruits ; 3, fruits.
Redessiné et adapté par Iskak Syamsudin

denté, poilu sur les deux faces à poils glandulaires et non glandulaires, nervures saillantes formant un motif réticulé. Inflorescence : capitule terminal de 10–50 cm de diamètre, parfois pendant à maturité ; réceptacle plat à concave, de 1–4 cm d'épaisseur ; bractées involucrales disposées en 3 rangs, ovales à ovales-lancéolées, ciliées. Fleurs périphériques stériles, voyantes, caduques, corolle ligulée, elliptique, d'environ 6 cm × 2 cm, habituellement jaunes ; fleurs (fleurons) du disque bisexuées, nombreuses, disposées en verticilles spiralés à partir du centre du capitule, d'environ 2 cm de long, sous-tendues par une paléole en pointe, écailles du pappus 2, papyracées, caduques, corolle tubulaire, 5-lobée, brune ou violacée, étamines 5, filets aplatis, libres, anthères allongées, réunies en tube, ovaire infère, pubescent, style allongé pourvu à la base de nectaires, stigmate à 2 lobes incurvés. Fruit : akène obovoïde de 7–25 mm × 4–15 mm × 3–8 mm, aplati, légèrement quadrangulaire à base arrondie et à extrémité tronquée, blanc, ivoire, brun, violet, noir ou gris-blanc rayé de noir. Graines à tégument mince adné à la paroi du fruit. Plantule à germination épigée ; hypocotyle de 6–8 cm de long, épicotyle d'environ 0,5 cm de long, poilu ; cotylédons pétiolés, foliacés, de 2,5–3 cm de long, glabres.

Autres données botaniques Le genre *Helianthus* comprend environ 50 espèces, toutes originaires d'Amérique du Nord. Elles sont regroupées en 4 sections, une étant la section *Helianthus*, qui comporte 11 espèces diploïdes annuelles, dont le tournesol domestiqué. Les cultivars sont habituellement regroupés en fonction de la hauteur de la plante :

- Cultivars de grande taille (géants) : 2–4 m de haut, capitule de 30–50 cm de diamètre et grandes graines, tardifs, teneur en huile relativement faible ; représentant : 'Mammoth Russian' ;
- Cultivars standards : 1,5–2,1 m ; représentants : 'Peredovic', 'VNIIMK 8931' et 'Progress', d'origine russe, à teneur élevée en huile ;
- Cultivars semi-nains : 1,2–1,5 m, précoces, à entrenœuds plus courts mais avec le même nombre de feuilles que les cultivars standards ; capitules de 17–22 cm de diamètre ; représentants : 'Pole Star', 'Jupiter', la plupart des cultivars hybrides modernes ;
- Cultivars nains : 0,8–1,2 m de haut, à nœuds et à feuilles moins nombreux que les cultivars standards mais dont la longueur entre les entrenœuds est normale ; capitules de 13–17 cm de diamètre et graines petites, teneur en huile très élevée ; représentants : 'Advance', 'Sunrise'.

Croissance et développement Jusqu'à 30–50 jours après la récolte, les graines de tournesol présentent une dormance qui se surmonte facilement si on les rince à l'eau ou si on les expose à l'éthylène avant le semis. Les graines sèches conservées en dessous de 10°C à 50% d'humidité relative gardent leur viabilité pendant plusieurs années. Le cycle de croissance, habituellement d'environ 4 mois, mais varie dans une fourchette de 75–180 jours selon l'environnement et le génotype. Il faut 5–10 jours du semis à la levée, 15–20 jours de la levée à l'initiation florale, 20–90 jours de l'initiation florale à la première floraison, 5–15 jours pour la floraison elle-même, et 30–45 jours de la floraison à la maturité des graines. L'initiation florale se produit vers le stade de la 8e feuille. Une des caractéristiques du tournesol est son héliotropisme prononcé. Les capitules et les feuilles jeunes sont tournées vers l'est le matin et suivent le mouvement du soleil, pour regarder vers l'ouest dans la soirée. Cet héliotropisme décroît progressivement pendant la

floraison, et la plupart des capitules mûrs finissent tournés vers l'est. L'anthèse se propage de la périphérie du capitule vers l'intérieur, à raison de 1–4 rangs de fleurons par jour. L'anthèse d'un fleuron, qui débute en début de matinée, est protandre ; le style s'allonge dans le tube formé par les anthères, poussant le pollen à l'extérieur ; le stigmate est totalement déployé et devient réceptif le lendemain. La pollinisation est effectuée principalement par les abeilles et les bourdons. La fécondation est terminée le soir du deuxième jour. Le tournesol est allogame, avec un système assez complexe d'auto-incompatibilité sporophytique déterminé par au moins 2 loci S multialléliques. Cependant, l'autofécondation artificielle aboutit généralement à un certain degré de formation de graines et certains génotypes montrent un degré élevé d'autogamie.

A maturité physiologique (30–40 jours après la dernière anthèse), le capitule jaunit, les bractées brunissent et environ 75% des feuilles se dessèchent. Pendant les 10 jours suivants, les graines vont se dessécher pour arriver à 10–12% d'humidité et commencent à s'égrener, tandis que le réceptacle peut encore contenir plus de 30% d'eau.

Ecologie Le tournesol est cultivé surtout entre 20–55°N et 20–40°S, depuis des climats tempérés relativement frais jusqu'à des climats subtropicaux chauds. Dans les régions tropicales, on peut le cultiver dans les régions sèches, jusqu'à 1500(–2500) m d'altitude, mais le tournesol ne convient pas aux climats humides. Pour une croissance optimale, les températures sont de 23–27°C. Lorsqu'il est cultivé sous des climats chauds, sa teneur en huile est moins élevée et la composition de l'huile est différente : elle a moins d'acide linoléique et plus d'acide oléique. Les températures de germination ne doivent pas être inférieures à 4–6°C et les températures maximales pendant la croissance ne doivent pas dépasser 40°C. Les jeunes plantes de tournesol possédant 4–6 feuilles peuvent supporter de courtes périodes de gel atteignant –5°C. La réaction de la plupart des cultivars de tournesol à la photopériode est soit neutre soit quantitative de jours longs. Des photopériodes longues font croître la plante en hauteur. Les besoins en eau sont de 300–700 mm pendant la période de croissance, en fonction du cultivar, du type de sol et du climat. Une pluviosité supérieure à 1000 mm augmente le risque de verse et la fréquence des maladies. Le tournesol est capable d'extraire plus d'eau du sol que la plupart des autres cultures de plein champ. Un temps sec après la formation des graines est important pour que la maturation s'effectue correctement. Toutes sortes de sols conviennent à la culture du tournesol, des sols sablonneux aux terres argileuses, à condition d'être profonds, bien drainants et non acides ; les pH qui conviennent vont de 5,7 à 8,1. La tolérance du tournesol à la salinité des sols n'est que légèrement supérieure à celle du soja et comparable à celle du blé.

Multiplication et plantation Le tournesol se sème directement au champ à une profondeur de 3–8 cm. Il exige un lit de semis moyennement fin, débarrassé des mauvaises herbes. Le poids de 1000 graines est de 40–60 g pour les cultivars oléagineux et de 80–110 g pour les cultivars non oléagineux. En semis mécanique, les densités de semis sont de 3–8 kg/ha, en fonction de la taille des graines et de l'espacement (60–75 cm entre les lignes et 20–30 cm sur la ligne). A la fin, les densités de peuplement optimales varient selon l'environnement et le cultivar : 15 000–30 000 pieds/ha pour les cultures sèches et 40 000–60 000 pour les cultures irriguées. Avec des semences de bonne qualité, on peut atteindre une levée supérieure à 80%. Le tournesol a une capacité à compenser une faiblesse de densité ou une culture irrégulière par une augmentation de sa biomasse totale, de la taille des graines et du nombre de graines par pied, à condition que les autres facteurs de croissance comme l'humidité ou les nutriments ne soient pas limitants.

Les petits exploitants cultivent souvent le tournesol en association avec de l'arachide, des légumes secs et divers mil et millets, ils le cultivent sur les talus autour des champs irrigués ou s'en servent comme tuteurs vifs pour les haricots et les gourdes.

Gestion Les semis de tournesol concurrencent mal les plantes adventices. La lutte contre celles-ci se fait par un travail du sol entre les lignes et par des herbicides. On a recours à des herbicides avant le semis, ou en pré- et post-levée, mais il faut les choisir soigneusement, car le tournesol est extrêmement sensible aux herbicides à base d'hormones. Le travail du sol mécanisé demande aussi du soin, car il faut éviter d'endommager le vaste réseau de racines qui s'étend sous la surface du sol. Une irrigation en complément des précipitations jusqu'à 600–750 mm peut donner lieu à des rendements considérablement plus élevés, mais elle peut aussi augmenter le risque de verse, en particulier pour les cultivars de grande taille et dans les régions où les vents forts sont cou-

rants. C'est également pour cette raison qu'on privilégie l'irrigation en surface.
Les besoins en engrais dépendent des rendements et des nutriments contenus dans le sol. On peut observer l'état des nutriments de la plante grâce à l'analyse foliaire, en échantillonnant la feuille déployée la plus jeune. Les macronutriments prélevés par une tonne de graines récoltées sont d'environ 25 kg N, 4 kg P, 17 kg K, 2 kg Ca, 3 kg Mg et 2 kg S. Des quantités considérables de ces éléments, K en particulier, restent également immobilisées dans les restes de la plante (la tige et le réceptacle), ce qui fait que l'efficacité du recours aux engrais est relativement faible. Les applications d'engrais recommandées sur les cultures de tournesol dont on espère des rendements en graines de 1,5–2,5 t/ha varient : 50–120 kg N, 20–30 kg P et 40–80 kg K. La teneur en huile des graines a tendance à baisser et la teneur en protéines à augmenter avec des quantités élevées d'engrais azotés. Le tournesol est particulièrement sensible à une déficience en bore, que l'on peut rectifier par une application sur le sol ou sur le feuillage. Un épandage au sol de 1–4 kg de B par ha convient en général. Il faut éviter de cultiver le tournesol deux fois de suite pour empêcher l'accumulation des maladies et ravageurs. La rotation avec des céréales et des légumes secs est une pratique courante.

Maladies et ravageurs Le tournesol est l'hôte de plus de 30 agents pathogènes, dont environ la moitié ont une importance au niveau mondial et entraînent régulièrement des pertes considérables sur le plan économique. La maladie la plus grave et la plus limitante est le flétrissement ou la pourriture blanche dont est responsable *Sclerotinia sclerotiorum*, qui affecte les racines, les tiges, les bourgeons et les capitules. L'étendue du spectre des hôtes et la longévité des sclérotes compliquent la lutte, mais des semences propres, une rotation des cultures étendue (3–4 années) avec des plantes non hôtes et le recours à des cultivars moins sensibles aident à réduire la fréquence de la maladie. Des maladies fongiques tout aussi courantes sont : la rouille (*Puccinia helianthi*) formant de petites pustules brun foncé sur la face inférieure des feuilles, qui finissent par brunir, et dans les cas graves entraîner la mort de la plante ; l'alternariose (*Alternaria helianthi* et espèces voisines) provoquant la fonte des semis, des taches sur les feuilles et les tiges et la pourriture du capitule ; et la septoriose (*Septoria helianthi*). Le mildiou (*Plasmopara halstedii*), responsable de fonte des semis et d'un jaunissement des feuilles qui part des nervures médianes et donne au capitule une orientation verticale caractéristique, a moins d'importance en Afrique orientale et australe qu'en Europe ; il se produit principalement chez les variétés-populations traditionnelles. Il arrive que des maladies fongiques graves se déclarent, dont font partie l'oïdium (par ex. *Erysiphe cichoracearum*), un flétrissement provoqué par *Verticillium dahliae*, la pourriture charbonneuse (*Macrophomina phaseolina*), la pourriture du pied ou du collet (*Sclerotium rolfsii*) dans les climats chauds, la pourriture du capitule (*Botrytis cinerea*) par conditions froides et humides, et la rouille blanche (*Albugo tragopogonis*). On peut lutter contre certaines de ces maladies par des fongicides ou par l'usage de cultivars résistants. Il existe en outre une maladie foliaire bactérienne provoquée par *Pseudomonas syringae* ; le tournesol peut également être infecté par des maladies virales (virus de la mosaïque du tournesol (SuMV) et virus de l'enroulement de la feuille de tabac (TLCV)) et être attaqué par des nématodes (par ex. *Meloidogyne* spp., *Rotylenchus* spp.).
Les insectes ravageurs sont nombreux, et beaucoup sont propres à un continent ; ceux qui provoquent le plus de dégâts étant ceux qui attaquent les boutons et capitules floraux et les graines en formation. Une cause très importante de mauvaise levée et de médiocres peuplements sont les larves de différents vers gris (*Agrotis* spp.), de vers fil-de-fer (*Gonocephalum* spp.) et les courtilières (*Gryllotalpa* spp.). D'autres ravageurs importants du tournesol en Afrique sont les scarabées (*Schizonycha* spp.), les criquets (*Zonocerus* spp.), les noctuelles des feuilles (*Spodoptera* spp.), les mineuses des feuilles (*Liriomyza* spp.) et les insectes suceurs comme *Aphis gossypii* et *Bemisia tabaci*, les foreurs de tiges (*Heteronychus* spp.), la noctuelle (*Helicoverpa armigera*), qui endommage les capitules et les graines en formation, la pyrale du tournesol (*Homoeosoma* spp.), la punaise bleue (*Calidea* spp.) et la punaise verte (*Nezara viridula*). Il faut veiller à ce que les insecticides utilisés pour lutter contre les ravageurs du tournesol ne soient pas toxiques pour les abeilles pollinisatrices pendant la période de floraison. La rotation des cultures, les cultures piège, la lutte biologique et l'usage de cultivars résistants font partie des moyens de lutte. Les cultivars dont les graines ont une couche de phytomélanine dans le péricarpe sont moins attaqués par les insectes ravageurs des graines. L'orobanche (*Orobanche cernua* Loefl.) est

une plante parasite qui se nourrit des racines de tournesol et peut faire des dégâts considérables. C'est une plante contre laquelle il est difficile de lutter, mais l'intégration d'un agent de lutte biologique avec une substance chimique qui induit une résistance offre de nouvelles perspectives. Les oiseaux et les rongeurs peuvent provoquer des pertes considérables pendant la maturation de la culture et il faut prendre des mesures de lutte (par ex. répulsifs chimiques, canons à oiseaux et récolte précoce).

Récolte Le tournesol est prêt à être récolté lorsque les capitules ont viré au brun-jaune et que la teneur en humidité des graines est de 10–12%, environ 120–160 jours après le semis pour les cultivars de grande taille et 80–110 jours pour les petits. Une récolte manuelle, comme la pratiquent les petits exploitants, implique de couper les capitules et de les faire sécher au soleil sur des plates-formes ou des aires de battage pendant 6–7 jours avant un battage et un vannage manuels ou mécanisés. Les graines nettoyées sont à nouveau mises à sécher au soleil pendant quelques jours avant le stockage. La maturation ftrès uniforme des hybrides de petite taille permet une récolte mécanisée avec des moissonneuses-batteuses adaptées. Dans ce cas, le moment de la récolte intervient généralement plus tôt, lorsque l'humidité des graines est d'environ 20%, pour éviter des pertes de rendement dues à l'égrenage au cours de la moisson. Avant stockage, on nettoie les graines récoltées et on les fait sécher à 8% d'humidité dans des sacs ouverts sous abri par temps chaud et sec, ou bien dans des séchoirs artificiels.

Rendements La moyenne de rendement mondiale est de 1,2 t/ha. En Afrique, les moyennes nationales vont de 0,4 t à 1,3 t/ha, par ex. en Tanzanie 0,4 t par ha, en Zambie 0,6 t, au Soudan 0,8 t, au Kenya 1,0 t et en Afrique du Sud 1,3 t. L'Europe et les Etats-Unis obtiennent des rendements élevés de 2–4 t/ha (1–2 t/ha d'huile) avec des cultivars hybrides modernes et une grande quantité d'intrants. Lors d'essais au champ, des rendements maximaux de 5–6 t/ha de graines ont été obtenus.

Traitement après récolte De petites quantités de graines séchées peuvent être conservées à l'abri de l'humidité et des insectes dans des récipients placés dans un endroit frais. Le stockage des graines de tournesol à grande échelle nécessite des silos bien aérés pour maintenir la teneur en humidité des graines à 8% environ. Une inspection régulière avant et pendant le stockage est nécessaire pour éviter les insectes ravageurs des greniers similaires à ceux d'autres grains. Une fumigation permet de lutter contre les infestations.
L'extraction et la transformation de l'huile a lieu dans des usines pour les oléagineux. On nettoie les graines et on les fait sécher à 7% d'humidité avant de les débarrasser de leur enveloppe (décorticage), ce qui suppose de briser et d'enlever la paroi du fruit. Il y a trois méthodes pour l'extraction industrielle de l'huile : l'expulsion mécanique par presse à vis, l'extraction avec des solvants organiques comme l'hexane, ou une combinaison d'extraction mécanique et aux solvants. La pression mécanique laisse un résidu farineux à 5–6% d'huile, tandis que l'extraction aux solvants forme des résidus contenant 0,5–1,5% d'huile. L'huile brute est ensuite nettoyée par filtrage, raffinée (chimiquement ou à la vapeur) pour diminuer sa teneur en acides gras libres, décolorée (à la terre décolorante) pour enlever les caroténoïdes et autres pigments, et finalement désodorisée (extraction à la vapeur) pour produire une huile de table et de cuisson incolore. La stabilité de l'huile est améliorée par l'addition d'antioxydants. La fabrication de margarine nécessite un processus supplémentaire, l'hydrogénation partielle de l'huile de tournesol et, en général, son mélange avec d'autres huiles végétales pour produire la dureté et la consistance en bouche recherchées.

Ressources génétiques La plupart des espèces sauvages d'*Helianthus* constituent des ressources génétiques potentielles pour l'amélioration du tournesol cultivé, en raison de la relative facilité d'introgression par hybridation interspécifique. Le sauvetage d'embryons et la culture in vitro sont des méthodes qui donnent d'assez bons résultats pour réussir les hybridations interspécifiques difficiles chez le tournesol. Les types sauvages d'*Helianthus annuus* et plusieurs autres espèces ont contribué à l'amélioration du tournesol cultivé par d'importants caractères, comme la stérilité mâle (nucléaire et cytoplasmique), la restauration de la fertilité, la résistance à plusieurs maladies et quelques ravageurs, l'amélioration de la tolérance à la sécheresse et au sel, ainsi qu'une modification de la composition en acides gras.
D'importantes collections de ressources génétiques de tournesol et d'*Helianthus* spp. sauvages sont maintenues par l'Institute of Crop Science (CAAS) de Pékin, en Chine (2250 entrées), l'INRA de Montpellier, en France (2500 entrées), l'Institut national d'information et documentation de Bucarest, en Roumanie (1125

entrées), l'Institut Vavilov (VIR) de St.Petersbourg, en Russie (3055 entrées), le Research Institute for Field and Vegetable Crops de Novi Sad, en Serbie et Montenegro (5150 entrées), et la USDA North Central Regional Plant Introduction Station, d'Ames IA, aux Etats-Unis (3814 entrées, dont plus de 1000 *Helianthus* sauvages).

Sélection Des hybrides F_1 homogènes ont presque complètement remplacé les variétés-populations mises au point par sélection massale et de familles, comme 'Peredovik' en Russie (mis sur le marché en 1930). Les cultivars hybrides précoces basés sur l'auto-incompatibilité comme 'Advance' au Canada (1946) ou sur la stérilité mâle nucléaire comme 'INRA 651' en France (1969) comprenaient encore 30–50% de plantes consanguines. La découverte en France en 1968–1970 de la stérilité mâle cytoplasmique (CMS) chez les descendants d'un croisement interspécifique de *Helianthus petiolaris* Nutt. × *Helianthus annuus*, alliée à des gènes mainteneurs et restaurateurs, a rapidement débouché sur une nouvelle génération d'hybrides F_1 dotés d'un potentiel d'exploitation maximale de la vigueur hybride : aucune plante consanguine et des rendements de 100–150% supérieurs à ceux des variétés-populations. Depuis lors, plus de 70 nouvelles sources de CMS ont été détectées dans le pool génique d'*Helianthus*, mais la plupart des hybrides F_1 cultivés aujourd'hui proviennent toujours de la première source de CMS, en partie parce que l'introgression dans des lignées pures et la recherche des gènes restaurateurs correspondants prennent du temps. La sélection contre l'auto-incompatibilité pendant la mise au point des lignées pures donne lieu à des hybrides F_1 autofertiles capables d'avoir une bonne production de graines, même lorsque les insectes pollinisateurs sont moins abondants. Des lignées mâles ramifiées sont couramment utilisées pour améliorer la pollinisation et la formation de graines dans le cadre d'une production à grande échelle de semences. Ce caractère est conditionné par un gène récessif, et les hybrides F_1 seront non ramifiés.

Les objectifs de sélection portent notamment sur un rendement et une teneur en huile plus élevés, la précocité, une diminution de la hauteur des plantes et un indice de récolte élevé. Il existe généralement une corrélation positive entre le rendement en graines, la hauteur de la plante, le diamètre du capitule et le poids d'une graine, tandis que de son côté, la teneur en huile a un rapport négatif avec l'épaisseur du péricarpe. La résistance aux maladies et ravageurs, à la sécheresse, aux basses températures, à la salinité et à la verse constituent d'autres objectifs. De nombreux tournesols hybrides sont résistants au mildiou (*Plasmopara halstedii*) et à la rouille (*Puccinia helianthi*), ces deux résistances étant conditionnées par des gènes majeurs dominants, mais spécifiques à la race du pathogène, et on a vu des effondrements de résistance se produire à l'apparition de nouvelles races virulentes. La résistance au sclérotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*) est difficile à réaliser en raison de sa complexité et de son hérédité polygénique. La résistance à l'orobanche existe, mais là aussi, des races virulentes sont capables de la contourner. Les dégâts des oiseaux semblent moins importants chez les tournesols à capitules concaves qui se tiennent parallèles au sol à maturité.

Perspectives Il y a encore énormément à faire pour accroître les rendements du tournesol, bien que les limites supérieures de la sélection pour la teneur en huile ne dépassent probablement pas de beaucoup les 60%. Une exploitation plus poussée des ressources génétiques considérables présentes dans le pool génique des *Helianthus* sauvages devrait contribuer à augmenter la sécurité de la culture en améliorant sa résistance aux maladies et aux ravageurs, qui représentent encore aujourd'hui la destruction de 40–50% de la production de tournesol dans le monde. Les récentes avancées de la biotechnologie du tournesol, comme la sélection assistée par marqueurs et les transformations génétiques, contribueront considérablement à rendre plus efficace l'amélioration du tournesol, en particulier dans les cas où la sélection classique n'a donné aucun résultat. Par exemple, des progrès importants ont déjà été accomplis dans la mise au point d'un tournesol transgénique doté d'une résistance partielle à *Sclerotinia sclerotiorum* qui repose sur l'expression d'un gène qui détoxifie l'acide oxalique sécrété par l'agent pathogène.

Le tournesol produit une excellente huile végétale, mais il sera difficile d'étendre sa culture au-delà des hautes terres de l'est et du sud de l'Afrique tropicale, car il n'est pas adapté aux climats chauds et humides. De nombreux maladies et ravageurs, ainsi que des risques importants de dégâts par les oiseaux et les rongeurs sont également des facteurs limitants dans la culture de cette plante à petite échelle et à faibles intrants.

Références principales Atlagic, 2004; Fick, 1989; Ragavan, 1993; Rogers, 1992; Schneiter

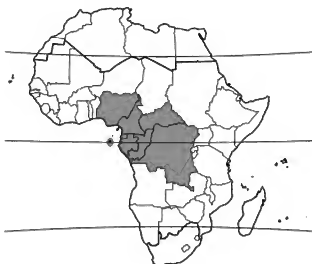
et al. (Editors), 1997; Skoric, 1992; van der Vossen & Soonthorn Duriyaprapan, 2001; Vear, 1992; Vranceanu, Stoenescu & Pirvu, 1988; Weiss, 2000.

Autres références Brenes, Jansman & Marquardt, 2004; Fagbay-ide, 1995; Lu, 2003; Müller-Stöver, Buschmann & Sauerborn, 2005; Nel & Loubser, 2000; Seiler (Editor), 1992; USDA, 2005.

Sources de l'illustration Hess, Landolt & Hirzel, 1972; Mansfeld, 1986; Vaughan & Geissler, 1997.

Auteurs H.A.M. van der Vossen & J.A. Fagbayide

IRVINGIA GABONENSIS (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill.



Irvingia gabonensis – sauvage

Protologue Traité Bot. Méd. Phan. 2 : 881 (1884).

Famille Irvingiaceae

Nombre de chromosomes $2n = 28$

Noms vernaculaires Dika, odika, manguier sauvage, chocolatier, ogbono (Fr). Sweet bush mango, rainy season bush mango, dika nut tree, dika bread tree (En).

Origine et répartition géographique *Irvingia gabonensis* est indigène de la zone forestière humide du golfe de Guinée, depuis l'ouest du Nigeria jusqu'en Centrafrique, et vers le sud jusqu'à Cabinda (Angola) et la partie la plus occidentale de la R.D. du Congo ; il est également présent à São Tomé-et-Príncipe. Dans certaines parties de cette région, il est cultivé ; c'est le cas au sud-ouest du Nigeria et au sud du Cameroun, mais également en Côte d'Ivoire, au Ghana, au Togo et au Bénin.

Usages Les amandes des fruits d'*Irvingia gabonensis*, appelées "ugiri" en langue igbo ou "apon" en yoruba, produisent un additif alimentaire important, apprécié en Afrique de l'Ouest et en Afrique centrale. Moulues et écrasées, elles servent à épaissir les soupes et les ragoûts. Pour pouvoir les conserver toute l'année et les utiliser facilement, on en fait également des galettes, nommées "pain de dika" ou "pain d'odika". Une huile alimentaire est extraite des graines et utilisée en cuisine. Comme elle est solide à température ambiante, elle peut remplacer le beurre de cacao et sert à la fabrication de savon. Le tourteau convient pour épaissir les soupes et c'est un bon aliment pour le bétail. Contrairement à la plupart des autres *Irvingia* spp., dont les fruits ont une pulpe amère, ceux d'*Irvingia gabonensis* sont juteux et sucrés, et se consomment crus. On peut en faire des jus, des gelées, de la confiture et du vin. La pulpe servait aussi jadis à produire un colorant noir pour les tissus.

On laisse couramment pousser *Irvingia gabonensis* dans les champs pour procurer de l'ombrage aux cultures, surtout le cacaoyer et le caféier. Les usages médicinaux des *Irvingia* spp. sont très nombreux, mais il est difficile de les attribuer à l'une ou l'autre espèce en particulier. Des préparations à base d'écorce pour soulager des douleurs sont utilisées en friction sur le corps, et on les emploie aussi pour soigner les écorchures et les plaies, ainsi que contre les maux de dents. On les prend également pour traiter la diarrhée. Les Igbos utilisent un extrait de feuilles comme fébrifuge. Au Cameroun, ce sont surtout des préparations à base d'écorce qui servent à traiter les hernies et la fièvre jaune, et qui s'emploient comme antidote des poisons. Les amandes sont utilisées pour traiter le diabète. Le bois, qu'on appelle "andok" au Cameroun, sert localement en construction lourde, pour fabriquer des ponts de bateaux, des pavés et des planches. Les jeunes arbres servent à confectionner des perches et des tuteurs, et les branches à fabriquer des cannes de marche ou des étais pour les toits de chaume. Les branches mortes s'utilisent comme bois de feu.

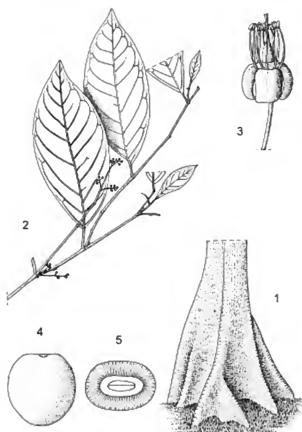
Production et commerce international *Irvingia gabonensis* est cultivé pour le commerce au sud du Nigeria et au sud du Cameroun. Si les fruits ne sont vendus que par endroits, les amandes en revanche font l'objet d'un vaste commerce au niveau national, depuis la zone de forêt vers la zone de savane, et entre les

pays d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique centrale. Elles sont exportées vers l'Europe. Le Cameroun est probablement l'exportateur principal. Les exportations cumulées d'amandes camerounaises d'*Irvingia gabonensis* et d'*Irvingia wombolu* Vermoesen ont été estimées à US$ 260 000 par an pour 107 t. On trouve toute l'année les amandes des fruits sur les marchés de Libreville (Gabon). Elles proviennent des forêts locales, mais sont aussi couramment importées du Cameroun et de Guinée équatoriale. Le bois d'*Irvingia* s'emploie surtout localement et ne s'exporte que rarement.

Propriétés La valeur nutritive des amandes par 100 g de partie comestible est : eau 4 g, énergie 2918 kJ (697 kcal), protéines 8,5 g, lipides 67 g, glucides 15 g, Ca 120 mg, Fe 3,4 mg, thiamine 0,22 mg, riboflavine 0,08 mg, niacine 0,5 mg (Platt, 1962). La filabilité et la viscosité que les amandes confèrent aux soupes varient selon les arbres dont les amandes sont issues. Elles sont généralement moindres que celles des amandes d'*Irvingia wombolu*. La teneur en lipides des amandes, qui varie aussi selon les arbres, est de 37,5–75 g/100 g ; la composition approximative en acides gras est la suivante : acide laurique 20–59%, acide myristique 33–70%, acide palmitique 2%, acide stéarique 1% et acide oléique 1–11%. Le résidu obtenu après séparation de la matière grasse peut être utilisé dans l'industrie alimentaire.
La valeur nutritive de la pulpe de fruit par 100 g de partie comestible est : eau 81 g, énergie 255 kJ (61 kcal), protéines 0,9 g, lipides 0,2 g, glucides 15,7 g, Ca 20 mg, P 40 mg, Fe 1,8 mg, acide ascorbique 7,4 mg (Leung, Busson & Jardin, 1968). Les principaux composants à l'origine de la saveur de cette pulpe sont le zingibérène et le α-curcumène, les éthyl- et méthylesters de l'acide cinnamique, le dodécanal et le décanol conférant les notes des saveurs terreuses-épicées, fruitées et de levures de vin. La pulpe produit environ 75% de jus. Le vin que l'on en tire a été jugé de belle robe, de bonne bouche et de bonne saveur, acceptable dans l'ensemble.
Chez *Irvingia gabonensis* et *Irvingia wombolu*, le bois de cœur est d'un brun verdâtre pâle ou jaune-orangé se fondant en un brun grisâtre ; l'aubier est de couleur plus claire, mais pas toujours nettement différencié. Le bois est contrefil ou à fil droit, le grain est fin à moyen.
Les bois est relativement lourd. La densité est de 930–1002 kg/m³ à 12% de teneur en humidité. Les taux de retrait du bois vert au bois anhydre sont élevés, de 6,5–7,1% radialement et de 10,2–12,6% tangentiellement. Pour éviter les gerçures de surface aux extrémités, il ne faut pas tarder à scier les grumes après abattage, de préférence sur quartier.
A 12% de teneur en humidité, le module de rupture est de 163–217 N/mm², le module d'élasticité de 18 700–21 700 N/mm², la compression axiale de 69–79 N/mm², la dureté de flanc Chalais-Meudon de 5,7–12,7, le cisaillement de 15 N/mm², le fendage de 19–34 N/mm.
Le bois d'œuvre est moyennement difficile à scier ou à raboter, et le fil des outils doit être constamment aiguisé. Il donne un beau fini lisse et se colle bien. Le clouage est difficile. Le bois d'œuvre est durable et relativement résistant aux termites, mais il est sensible aux bostryches et aux térébrants marins. Le bois de cœur ne peut se traiter, et l'aubier est résistant aux produits d'imprégnation.
Dans des essais sur des souris, on a découvert que l'écorce du tronc avait des effets analgésiques. Des extraits aqueux des feuilles ont entraîné une réduction de la mobilité intestinale chez des animaux de laboratoire. L'introduction dans le régime de patients atteints de diabète de type 2 d'un supplément de pain de dika à raison de 4 g/jour a fait baisser leurs niveaux de glucose et de lipides dans le plasma.

Falsifications et succédanés Les amandes de toutes les espèces d'*Irvingia* servent indifféremment d'épaississant pour les soupes et les ragoûts. L'arachide et le gombo sont utilisés de la même manière en Afrique de l'Ouest et en Afrique centrale.

Description Arbre de taille petite à grande, atteignant 40 m de haut ; fût généralement rectiligne, atteignant 100 cm de diamètre, à contreforts atteignant 3 m de haut ; écorce extérieure lisse à écailleuse, grise à gris-jaune, écorce interne jaune, fibreuse ; cime sphérique ou plus haute que large, dense. Feuilles alternes, simples et entières ; stipules atteignant 4 cm de long, inégales, formant un cône qui protège le bourgeon, caduques, laissant une cicatrice annulaire sur les branches ; pétiole atteignant 5 mm de long ; limbe elliptique, de 4,5–8 cm × 2–4 cm, base cunéiforme, apex aigu ou non distinctement acuminé, finement coriace, pennatinervé. Inflorescence : panicule axillaire atteignant 9 cm de long. Fleurs bisexuées, régulières, 5-mères, petites ; pédicelle atteignant 5 mm de long ; sépales libres, de 1–1,5 mm de long ; pétales libres, de 3–4 mm de long, blanc jaunâtre ; étamines 10, insérées sous le disque, libres, égales, filets de 4–5 mm de long ; disque de 1,5 mm de diamètre, jaune vif, nectarifère ;



Irvingia gabonensis – 1, base du fût ; 2, rameau en fleurs ; 3, fleur ; 4, fruit ; 5, fruit en coupe transversale.
Redessiné et adapté par Achmad Satiri Nurhaman

ovaire supère, 2-loculaire, style de 1–2 mm de long. Fruit : drupe ellipsoïde à cylindrique, parfois presque sphérique, légèrement comprimée latéralement, de 4–6,5 cm × 4–6,5 cm × 3,5–6 cm, lisse, verte à maturité ; pulpe orange vif, tendre, juteuse, sucrée à légèrement amère, à fibres peu nombreuses et peu résistantes, noyau ligneux, à 1 graine. Graines de 2,5–4 cm × 1,5–2,5 cm × environ 1 cm. Plantule à germination épigée.

Autres données botaniques Le genre *Irvingia* totalise 7 espèces, dont 6 en Afrique tropicale et 1 en Asie du Sud-Est. *Irvingia gabonensis* est étroitement apparenté à *Irvingia wombolu*, dont il se distingue difficilement. *Irvingia gabonensis* possède un fruit dont la pulpe est comestible, tandis que celui d'*Irvingia wombolu* est amer et immangeable. Le nom anglais de "bush mango" est donné aux deux espèces : *Irvingia gabonensis* portant le nom de "bush mango" de saison des pluies et *Irvingia wombolu* celui de "bush mango" de saison sèche, conformément à leur période de fructification respective. Certaines autorités considèrent qu'*Irvingia wombolu* n'est autre qu'une variété d'*Irvingia gabonensis*. En raison d'un long passé de culture et de protection, d'autres les considèrent comme des cultivars d'une seule et même espèce. Mais la composition de leur ADN indique que les deux taxons sont très distincts sur le plan génétique et ne se croisent pas (ou difficilement), même lorsqu'ils sont sympatriques.

Irvingia excelsa Mildbr. est un grand arbre des forêts pluviales, présent depuis le Cameroun jusqu'au Gabon et la R.D. du Congo. La pulpe de son fruit, dure et à fibres raides, est immangeable. Mais ses graines se consomment comme celles d'autres *Irvingia* spp.

Irvingia robur Mildbr., grand arbre qui a une aire de répartition disjointe, est présent depuis la Sierra Leone jusqu'en Côte d'Ivoire et depuis le Nigeria jusqu'en R.D. du Congo. Il fructifie et fleurit toute l'année, mais avec un pic de floraison pendant la saison sèche et un pic de fructification pendant la saison des pluies. Il est présent dans les forêts sur terrain sec.

Irvingia smithii Hook.f. est présent en forêt et en savane, du Nigeria au Soudan et dans toute la R.D. du Congo, jusqu'en Angola. On mange ses fruits frais en suçant la pulpe sucrée. Les graines, riches en huile, se consomment crues en Centrafrique et en R.D. du Congo. Le bois s'utilise localement comme bois d'œuvre. L'écorce se prend en décoction contre la dysenterie. *Irvingia smithii* pousse toujours près de l'eau. Les fruits frais contiennent des bulles d'air caractéristiques, et flottent.

Croissance et développement La croissance des jeunes plantes est très lente au début ; par la suite elle s'accélère un peu. A Onne (Nigeria), sur un ultisol acide où la pluviométrie annuelle est de 2400 mm, des arbres âgés de 12 ans avaient atteint une hauteur de 12 m et un diamètre du tronc (à 1,3 m du sol) de 17 cm. A Ibadan (Nigeria), sur un alfisol où la pluviométrie annuelle est de 1280 mm, ils atteignaient 8 m de haut et le diamètre du tronc était de 12 cm. La saison de floraison n'est pas clairement définie, mais la floraison a lieu surtout vers la fin de la saison sèche ou au début de la saison des pluies, en avril dans le sud-ouest du Cameroun et en septembre–octobre au Gabon. Les fruits sont mûrs 4 mois plus tard environ. En culture, en Côte d'Ivoire, certains arbres fleurissent toute l'année. Les fleurs sont pollinisées par toutes sortes d'insectes et l'autogamie est rare. Chez les arbres sauvages, la fructification démarre lorsqu'ils

ont 10–15 ans, mais les arbres plantés peuvent fructifier pour la première fois au bout de 4 ans. Après la chute des fruits, la pulpe ne tarde pas à pourrir. Il est fréquent de voir des germinations réussies dans de la bouse d'éléphant. L'épaisseur de la paroi de l'amande varie de forte et épaisse à mince et fragile. On a repéré des arbres chez lesquels les amandes se fendaient spontanément. La graine est récalcitrante.

Ecologie Le milieu de prédilection d'*Irvingia gabonensis* est la forêt tropicale humide des basses terres, en dessous de 1000 m d'altitude et où la pluviométrie annuelle est de 1500–3000 mm et la température annuelle moyenne de 25–32°C. *Irvingia gabonensis* est mieux adapté aux ultisols acides dans les zones de fortes précipitations qu'aux alfisols moins acides ; il préfère les sites bien drainés. Il est fréquent de voir 2–3 arbres pousser ensemble, et on le dit grégaire dans certains endroits. La présence d'*Irvingia gabonensis* va souvent de pair avec l'existence d'anciennes habitations humaines. Les arbres constituent une proie pour les incendies.

Multiplication et plantation *Irvingia gabonensis* est principalement multiplié par graines. Lorsque les paysans le plantent, ils choisissent des graines provenant d'arbres sélectionnés de leur propre ferme, de leurs voisins ou du marché. Les critères de sélection sont des fruits de grosse taille, un bon goût, un rendement élevé, une production régulière (chaque année), la précocité, une bonne viscosité et filabilité des amandes et leur extraction facile. Le repiquage de plants sauvages, ou leur préservation et leur protection lors du défrichage des terres pour l'agriculture est une pratique courante. La germination des graines d'*Irvingia gabonensis* prend plus de 14 jours ; il faut les extraire du fruit au préalable et les faire sécher pendant 2 jours au moins. De cette façon, on arrive à un taux de germination de 80%. On a mis au point des méthodes de multiplication végétative au moyen de boutures de tiges feuillées que l'on fait prendre racine sous brumisation, et des essais de micropropagation, de greffage et de marcottage sont en cours. Les premiers résultats montrent que les plantes issues de marcottage peuvent fructifier au bout de 2–2,5 années après leur repiquage.

Gestion Si dans la plupart des régions, *Irvingia gabonensis* est présent en peuplements sauvages ou préservé dans les plantations de cacaoyers, de caféiers, ou des cultures vivrières annuelles ou dans les jardins familiaux, il est aussi couramment planté dans certains endroits. Les soins consistent essentiellement en la taille, la récolte (cueillette sur pied ou ramassage à terre) et la fertilisation.

Maladies et ravageurs Aucune maladie ou ravageur n'est connu pour *Irvingia gabonensis* en tant qu'arbre. Mais les graines sont attaquées par les larves du sylvain des oléagineux (*Oryzaephilus mercator*). Celui-ci pond ses œufs entre le tégument et les cotylédons, ou dans des fissures des cotylédons. Le fait de prévenir ces fissures aide à empêcher l'infestation.

Récolte Les fruits d'*Irvingia gabonensis* se récoltent surtout sur le sol autour de chaque arbre, ou bien on grimpe à l'arbre, s'il n'est pas trop élevé, pour les cueillir. L'étape suivant consiste à extraire l'amande de la graine, que l'on fend avec un coutelas avant d'ôter l'amande à l'aide d'un canif. On les fait ensuite sécher au soleil ou sur des claies de bambou placées dans la cuisine au-dessus de l'âtre.

Rendements A Onne (Nigeria), des arbres âgés de 12 ans ont produit 1060 fruits (180 kg) par arbre, mais dans les régions plus sèches les rendements sont très inférieurs. Un bon rendement d'amandes représente environ 100 kg par arbre.

Traitement après récolte La préparation du pain de dika consiste à faire sécher les amandes, à les griller et à les moudre. La pâte ainsi obtenue est déposée dans un récipient ou une boîte en fer blanc et on la laisse refroidir pendant quelques heures. Une fois solide, on sort cette galette du récipient, et elle est prête à l'emploi. Bien séchée, elle se conserve plus d'un an. Les femmes mettent parfois une boîte de conserve sous la grille sur laquelle est conservée la galette de dika, pour recueillir l'huile qui s'en égoutte. Au Gabon, ce pain de dika est commercialisé sous la forme de galettes de 100–5000 g. L'huile s'extrait en faisant bouillir les amandes broyées et en recueillant l'huile à la louche.

Ressources génétiques Trois centres de diversité génétique pour *Irvingia gabonensis* ont été identifiés : le sud du Cameroun, le sud-est du Nigeria et le centre du Gabon. Des collections de ressources génétiques recueillies sur l'aire de répartition d'*Irvingia gabonensis* ont débouché sur la création de banques de gènes au Cameroun et au Nigeria, par l'ICRAF et ses partenaires dans la région.
Irvingia gabonensis est relativement répandu. Il ne semble pas être menacé d'érosion génétique. Il est classé sur la liste rouge de l'UICN dans la catégorie des espèces faiblement mena-

cées, mais il est proche de la qualification "vulnérable".

Sélection Une évaluation de la variabilité des caractéristiques des arbres plantés au sud-ouest du Cameroun indique que les paysans sélectionnent traditionnellement les gros fruits et les grosses amandes qui sont faciles à extraire. L'ICRAF a démarré un programme de domestication systématique d'*Irvingia gabonensis* qui utilise la variabilité en sélectionnant les arbres qui possèdent les caractères souhaités et en les multipliant, tout en conservant une base génétique large. Une approche visant à créer des cultivars par clonage a été adoptée. On a procédé à une évaluation de la variabilité des caractères des fruits et des amandes puis des arbres ont été sélectionnés sur la base des caractéristiques de fruit désirées. Des travaux sont en cours pour mettre au point des méthodes de marcottage et de greffage d'*Irvingia gabonensis* afin de fixer les caractères désirés en domestiquant l'espèce.

Perspectives Les amandes d'*Irvingia gabonensis* font l'objet d'un vaste commerce tant au niveau national qu'entre les pays d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique centrale, ce qui indique que la demande est susceptible d'augmenter. La domestication de cette espèce offre une chance importante de voir s'installer une production durable. La mise au point de méthodes de transformation et de conservation du produit contribuera encore davantage à le valoriser et à élargir ce marché.

Références principales Atangana et al., 2001; Ayuk et al., 1999; Harris, 1993; Harris, 1996; Leakey et al., 2000; Leakey et al., 2005; Lowe et al., 2000; Ndoye, Ruiz-Pérez & Eyebe, 1998; Richter & Dallwitz, 2000; Shiembo, Newton & Leakey, 1996.

Autres références Adamson, Okafor & Abu-Bakare, 1986; Akubor, 1996; Atangana et al., 2002; Burkill, 1994; Chudnoff, 1980; Dudu, Okiwelu & Lale, 1998; Ejiofor, Onwubuke & Okafor, 1987; Giami, Okonkwo & Akusu, 1994; Harris, 1999; Kang, Akinnifesi & Ladipo, 1994; Okafor, 1975; Okafor & Ujor, 1994; Okolo et al., 1995; Omokolo, Fotso & Mbouna, 2004; Platt, 1962; Sallenave, 1971; Tabuna, 1999; Van Dijk, 1997.

Sources de l'illustration Harris, 1996; Wilks & Issembé, 2000.

Auteurs Z. Tchoundjeu & A.R. Atangana

IRVINGIA GRANDIFOLIA (Engl.) Engl.

Protologue Bot. Jahrb. Syst. 46 : 288 (1911).

Famille Irvingiaceae

Synonymes *Klainedoxa grandifolia* Engl. (1907).

Noms vernaculaires Olène, andok ngoué (Fr).

Origine et répartition géographique *Irvingia grandifolia* est présent dans la zone forestière de l'ouest du Nigeria jusqu'à l'est de la R.D. du Congo et vers le sud jusqu'à Cabinda (Angola).

Usages Les graines, riches en huile, sont parfois cuites et consommées en Centrafrique. La pulpe du fruit est comestible, mais pas recherchée. L'écorce macérée dans du vin de palme se prend comme aphrodisiaque. La décoction d'écorce se prend contre les douleurs de différentes parties du corps. Des frictions avec de la poudre d'écorce soulagent aussi les douleurs. La décoction d'écorce s'utilise également en bains pour traiter la fièvre chez les enfants. La décoction de feuilles associée à des tubercules crus de manioc ou à une décoction de feuilles de *Staudtia kamerunensis* Warb. se prend pour traiter l'hyperménorrhée. Le bois, qui s'emploie localement en construction lourde, porte le nom d' "andok ngoué" au Cameroun.

Propriétés Les amandes sont riches en huile. Le bois est dur, lourd et difficile à travailler.

Botanique Arbre de grande taille, atteignant 40 m de haut ; fût rectiligne et non ramifié sur 20 m, atteignant 150 cm de diamètre, souvent avec des contreforts atteignant 4 m de haut ; écorce extérieure grisâtre, lisse à écailleuse, écorce interne jaune, fibreuse ; cime hémisphérique, à branches étalées. Feuilles alternes, simples et entières, pendantes ; stipules atteignant 1 cm de long ; pétiole d'environ 1 cm de long ; limbe ovale à elliptique, de 10–25(–35) cm × 8–15 cm, base essentiellement cordée, apex aigu ou très légèrement acuminé, papyracé, pennatinervé. Inflorescence : panicule terminale ramifiée, atteignant 8 cm de long, à fleurs serrées sur les axes. Fleurs bisexuées, régulières, 5-mères, petites, sessiles ; sépales libres, de 1–1,5 mm de long ; pétales libres, de 2–2,5 mm de long ; étamines 10, insérées sous le disque, libres, égales, filets de 3–4 mm de long ; disque de 1,5 mm de diamètre, jaune vif, nectarifère ; ovaire supère, 2-loculaire, style très court. Fruit : drupe ovoïde à ellipsoïde, légèrement comprimée latéralement, de 4,5–6 cm × 2,5–4 cm × 2–3,5 cm, verte virant au jaune après la chute, pulpe tendre, juteuse,

sucrée, pyrène à 1 graine. Graines de 2,8–3,4 cm × 1,6–2 cm × 0,4–0,6 cm. Plantule à germination épigée.
Le genre *Irvingia* comprend 7 espèces, dont 6 en Afrique tropicale et 1 en Asie du Sud-Est. *Irvingia grandifolia* est souvent caducifolié et la vague de nouvelles feuilles affecte généralement tout l'arbre. Sa floraison tend à connaître un pic à la fin de la saison sèche, sa fructification à la fin de la saison des pluies ; les feuilles rougissent magnifiquement avant leur chute.

Ecologie *Irvingia grandifolia* se rencontre dans les forêts sur terres sèches, parfois dans les endroits humides ou dans les forêts-galeries. On le laisse souvent sur pied lorsqu'on défriche la forêt pour cultiver.

Gestion Les graines d'*Irvingia grandifolia* sont récoltées seulement dans la nature, et parfois sur les arbres conservés dans les plantations.

Ressources génétiques et sélection *Irvingia grandifolia* ne semble pas menacé d'érosion génétique.

Perspectives Il est probable qu'*Irvingia grandifolia* gardera une importance économique secondaire, autant comme plante alimentaire que comme bois d'œuvre.

Références principales Aubréville, 1962; Burkill, 1994; Harris, 1996; Neuwinger, 2000; Vivien & Fauré, 1988b.

Autres références Gilbert, 1958.

Auteurs L.P.A. Oyen

IRVINGIA WOMBOLU Vermoesen

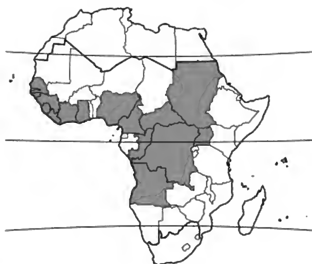
Protologue Man. ess. forest. Congo : 136 (1923).

Famille Irvingiaceae

Noms vernaculaires Dika, odika, manguier sauvage, chocolatier, ogbono (Fr). Bitter bush mango, dry season bush mango (En).

Origine et répartition géographique *Irvingia wombolu* se rencontre dans la zone forestière depuis la Casamance au Sénégal jusqu'au sud du Soudan et en Ouganda, et vers le sud jusqu'au sud-ouest de la R.D. du Congo et au nord de l'Angola.

Usages Les amandes des fruits sont un ingrédient important en cuisine et sont préférées à celles d'autres *Irvingia* spp. Moulues et écrasées, elles servent à épaissir les soupes et les ragoûts. Pour pouvoir les conserver toute l'année et les utiliser facilement, on en fait également des galettes, nommées "pain de dika" ou "pain d'odika". Une huile alimentaire est extraite des graines et utilisée en cuisine. Comme



Irvingia wombolu – sauvage

elle est solide à température ambiante, elle peut remplacer le beurre de cacao et sert à la fabrication de savon. Le tourteau constitue un bon aliment pour le bétail et peut être utilisé dans l'industrie alimentaire. La pulpe du fruit d'*Irvingia wombolu*, amère et gluante, s'ajoute parfois aux soupes pour les épaissir.
Lorsqu'on défriche des terres pour les cultiver, il est courant d'y laisser *Irvingia wombolu*, qui procure de l'ombrage aux cultures, en particulier le cacaoyer et le caféier, mais également aux cultures annuelles. Les usages médicinaux d'*Irvingia* spp. sont nombreux, mais il est difficile de les attribuer à l'une ou l'autre espèce en particulier. Des préparations à base d'écorce pour soulager des douleurs sont utilisées en friction sur le corps, et on les emploie aussi pour soigner les écorchures et les plaies, ainsi que contre les maux de dents. On les prend également pour soigner la diarrhée. Les Igbos utilisent un extrait de feuilles comme fébrifuge. Au Cameroun, les préparations, surtout à base d'écorce, servent à traiter les hernies et la fièvre jaune, et s'emploient comme antipoison. Les amandes sont utilisées pour traiter le diabète. Le bois, qu'on appelle "andok" au Cameroun, sert localement en construction lourde, pour fabriquer des ponts de bateaux, des pavés et des planches. Les jeunes arbres servent à confectionner des perches et des tuteurs, et les branches à fabriquer des cannes de marche ou des étais pour les toits de chaume. Les branches mortes s'utilisent comme bois de feu.

Production et commerce international Les amandes d'*Irvingia wombolu* et des espèces apparentées sont couramment vendues dans les divers pays d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique

centrale et entre ces pays ; elles sont aussi exportées vers l'Europe. Le Cameroun est probablement l'exportateur principal. Les exportations d'amandes camerounaises d'*Irvingia wombolu* et d'*Irvingia gabonensis* (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill. ont été estimées à US$ 260 000 par an pour 107 t. La Côte d'Ivoire exporte également de grandes quantités de noix vers le Nigeria, la Sierra Leone et le Liberia. Le Nigeria est le principal pays importateur. Le bois d'*Irvingia wombolu* est surtout utilisé localement, et rarement exporté.

Propriétés La valeur nutritive des amandes d'*Irvingia wombolu* par 100 g de partie comestible est : eau 4 g, énergie 2918 kJ (697 kcal), protéines 8,5 g, lipides 67 g, glucides 15 g, Ca 120 mg, Fe 3,4 mg, thiamine 0,22 mg, riboflavine 0,08 mg, niacine 0,5 mg (Platt, 1962). La filabilité et la viscosité que les amandes confèrent aux soupes varient selon les arbres dont les amandes sont issues. Les amandes d'*Irvingia wombolu* ont la réputation d'être meilleures que celles d'autres *Irvingia* spp. La teneur en lipides des amandes, qui varie aussi selon les arbres, est d'environ 37,5–75 g/100 g ; la composition approximative en acides gras est la suivante : acide laurique 20–59%, acide myristique 33–70%, acide palmitique 2%, acide stéarique 1% et acide oléique 1–11%. Le résidu obtenu après séparation de la matière grasse peut être utilisé dans l'industrie alimentaire.

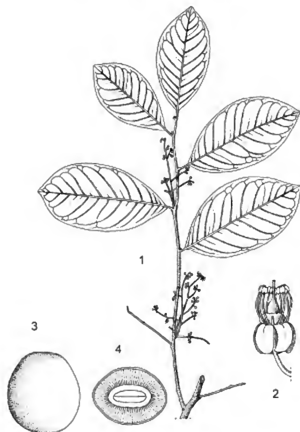
Chez *Irvingia gabonensis* et *Irvingia wombolu*, le bois de cœur est d'un brun verdâtre pâle ou jaune-orangé se fondant en un brun grisâtre ; l'aubier est de couleur plus claire, mais pas toujours nettement différencié. Le bois est contrefil ou à fil droit, le grain est fin à moyen.

Le bois est relativement lourd. La densité est de 930–1002 kg/m^3 à 12% de teneur en humidité. Les taux de retrait du bois vert au bois anhydre sont élevés, de 6,5–7,1% radialement et de 10,2–12,6% tangentiellement. Pour éviter les gerçures de surface aux extrémités, il faut scier les grumes rapidement après l'abattage, de préférence sur quartier.

A 12% de teneur en humidité, le module de rupture est de 163–217 N/mm^2, le module d'élasticité de 18 700–21 700 N/mm^2, la compression axiale de 69–79 N/mm^2, la dureté de flanc Chalais-Meudon de 5,7–12,7, le cisaillement de 15 N/mm^2, le fendage de 19–34 N/mm. Le bois d'œuvre est moyennement difficile à scier ou à raboter, et le fil des outils doit être constamment aiguisé. Il donne un beau fini lisse et se colle bien. Le clouage est difficile. Le bois d'œuvre est durable et relativement résistant aux termites, mais il est sensible aux bostryches et aux térébrants marins. Le bois de cœur ne peut se traiter, et l'aubier résiste aux produits d'imprégnation.

Falsifications et succédanés Les amandes de toutes les espèces d'*Irvingia* servent indifféremment d'épaississant pour les soupes et les ragoûts. L'arachide et le gombo sont utilisés de la même manière en Afrique de l'Ouest et en Afrique centrale.

Description Arbre de taille petite à moyenne atteignant 25 m de haut ; fût légèrement incliné, atteignant 80 cm de diamètre, à contreforts de 2 m de hauteur ; écorce brun grisâtre ; cime sphérique, relativement dense. Feuilles alternes, simples et entières ; stipules grandes, inégales, formant un cône qui protège le bourgeon, caduques, laissant une cicatrice annulaire sur les branches ; pétiole atteignant 10 mm de long ; limbe elliptique à obovale, de (6,5–)10,5–14(–18) cm × 4–6(–8,5) cm, base obtuse à légèrement cunéiforme, apex arrondi ou finement acuminé, coriace, pennatinervé. Inflorescence : panicule axillaire atteignant 9 cm de long. Fleurs bisexuées, régulières, 5-



Irvingia wombolu – 1, rameau en fleurs ; 2, fleur ; 3, fruit ; 4, fruit en coupe transversale. Redessiné et adapté par Achmad Satiri Nurhaman

mères, petites ; pédicelle atteignant 6 mm de long ; sépales libres, d'environ 1 mm de long ; pétales libres, de 3–4 mm de long, blanchâtres ; étamines 10, insérées sous le disque, libres, égales, filets d'environ 5 mm de long ; disque de 2–3 mm de diamètre, jaune vif, nectarifère ; ovaire supère, 2-loculaire, style d'environ 1,5 mm de long. Fruit : drupe ellipsoïde, légèrement comprimée latéralement, de 4,5–8 cm × 4,5–5 cm × 4,5–5 cm, verte, virant souvent au jaune vif puis noire, pulpe jaune, tendre, juteuse, très amère, à fibres assez nombreuses, noyau ligneux, à 1 graine. Graines de 3,5–5 cm × 1,5–2,5 mm × environ 1 cm.

Autres données botaniques Le genre *Irvingia* comprend 7 espèces, dont 6 en Afrique tropicale et 1 en Asie du Sud-Est. *Irvingia wombolu* s'apparente étroitement à *Irvingia gabonensis*, dont il se distingue difficilement. *Irvingia gabonensis* possède un fruit dont la pulpe est comestible, tandis qu'*Irvingia wombolu* a une pulpe amère et immangeable. Certaines autorités considèrent qu'*Irvingia wombolu* n'est autre qu'une variété d'*Irvingia gabonensis*. En raison d'un long passé de culture et de protection, d'autres les considèrent comme des cultivars d'une seule et même espèce. Mais la composition de leur ADN indique que les 2 taxons sont distincts sur le plan génétique et ne se croisent pas (ou difficilement), même lorsqu'elles sont sympatriques. Les analyses ont également fait ressortir des différences prononcées entre les peuplements d'*Irvingia wombolu* du sud-est du Nigeria et ceux du Cameroun.

Croissance et développement *Irvingia wombolu* commence à fleurir à l'âge de 6–10 ans. Sa saison de floraison n'est pas clairement délimitée, mais son pic de floraison se situe à la fin de la saison des pluies ou au début de la saison sèche, tandis que son pic de fructification se situe à la fin de la saison sèche. Les fleurs sont pollinisées par les insectes.

Ecologie *Irvingia wombolu* est présent dans les forêts sèches où la pluviométrie annuelle est supérieure à 1500 mm. Dans certains endroits, il pousse dans les forêts régulièrement inondées et sur les berges des rivières. Il est adapté à une pluviométrie plus variable que d'autres *Irvingia* spp. Les arbres constituent une proie pour les incendies.

Multiplication et plantation *Irvingia wombolu* est surtout multiplié par graines, mais on a mis au point des méthodes de multiplication végétative. La graine perd sa viabilité en un mois et il faut la planter peu après la collecte.

Gestion *Irvingia wombolu* est habituellement conservé et protégé dans les plantations de cacaoyers et de caféiers, dans les champs de cultures vivrières annuelles et dans les jardins familiaux. Mais dans certaines régions, notamment la région du Mamfé au sud-ouest du Cameroun, la plupart des arbres sont plantés, surtout dans des plantations de cacaoyers et de caféiers. Leur densité avoisine alors les 100 arbres/ha. Les soins consistent dans la taille, la fertilisation et la récolte (cueillette sur pied ou ramassage à terre).

Maladies et ravageurs Aucune maladie ou ravageur n'est connu pour *Irvingia wombolu* en tant qu'arbre. Les graines sont attaquées par les larves du sylvain des oléagineux (*Oryzaephilus mercator*). Il pond ses œufs entre le tégument et les cotylédons ou dans des fissures des cotylédons. Le fait de prévenir ces fissures aide à empêcher l'infestation.

Récolte C'est surtout sur le sol autour de l'arbre que se ramassent les fruits d'*Irvingia wombolu*. L'étape suivante consiste à extraire l'amande de la graine, que l'on fend avec un coutelas avant d'ôter l'amande à l'aide d'un canif. On les fait ensuite sécher au soleil ou sur des claies de bambou placées dans la cuisine au-dessus de l'âtre.

Rendements On estime que 100 kg d'amandes par arbre est un bon rendement.

Traitement après récolte La préparation du pain de dika consiste à faire sécher les amandes, les griller et les moudre. La pâte ainsi obtenue est déposée dans un récipient ou une boîte en fer blanc où on la laisse refroidir pendant quelques heures. Une fois solide, on sort cette galette du récipient, et elle est prête à l'emploi. Bien séchée, elle se conserve plus d'une année. Les femmes mettent parfois une boîte de conserve sous la grille sur laquelle est conservée la galette de dika, pour recueillir l'huile qui s'en égoutte. Au Gabon, ce pain de dika est commercialisé sous la forme de galettes de 100–5000 g. L'huile s'extrait en faisant bouillir les amandes broyées et en recueillant l'huile à la louche.

Ressources génétiques On a identifié des centres de diversité génétique chez *Irvingia wombolu* : le sud du Cameroun et le sud-est du Nigeria. L'ICRAF et ses partenaires dans la région ont établi des collections de ressources génétiques in situ dans l'aire de répartition naturelle d'*Irvingia wombolu* au Cameroun et au Nigeria. *Irvingia wombolu* est répandu et il ne semble pas être menacé d'érosion génétique.

Sélection L'ICRAF a démarré un programme de domestication d'*Irvingia wombolu*. Ce pro-

gramme utilise la variabilité de l'espèce en sélectionnant les arbres possédant les caractères désirables et en les multipliant, tout en conservant une base génétique large. Une approche visant à créer des cultivars par clonage a été adoptée. On a procédé à une évaluation de la variabilité des caractères des fruits et des amandes, et des arbres ont été sélectionnés sur la base des caractéristiques de fruit désirées.

Perspectives Les amandes d'*Irvingia wombolu* font l'objet d'un commerce important tant au niveau national qu'entre les pays d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique centrale, qu'à l'export à destination de l'Europe, ce qui indique que la demande est susceptible d'augmenter. La domestication de cette espèce offre une chance importante de voir s'installer une production durable. La mise au point de méthodes de transformation et de conservation du produit contribuera encore davantage à élargir ce marché.

Références principales Asaah, Tchoundjeu & Atangana, 2003; World Agroforestry Centre, undated; Harris, 1993; Harris, 1996; Ladipo, 2000; Leakey et al., 2000; Leakey et al., 2005; Lowe et al., 2000; Richter & Dallwitz, 2000.

Autres références Harris, 1999; Ladipo, 1999; Lowe et al., 1998; Tchoundjeu, Atangana & Degrande, 2005.

Sources de l'illustration Harris, 1996.

Auteurs L.P.A. Oyen

JATROPHA CURCAS L.

Protologue Sp. pl. 2: 1006 (1753).

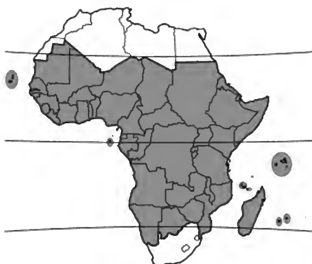
Famille Euphorbiaceae

Nombre de chromosomes $2n = 22, 33, 44$

Synonymes *Jatropha afrocurcas* Pax (1909).

Noms vernaculaires Pourghère, purghère, grand pignon d'Inde, fève d'enfer, gros ricin, médicinier purgatif (Fr). Jatropha, physic nut, purging nut, Barbados nut (En). Purgueira, pinhao, rícino major, grão de maluco, galamaluco (Po). Mbono (Sw).

Origine et répartition géographique *Jatropha curcas* est probablement originaire du Mexique ou des régions voisines d'Amérique centrale, qui sont les seuls endroits où il ait été souvent collecté dans des milieux non perturbés. Des navigateurs portugais l'ont emporté au Cap-Vert, où il est devenu une culture d'exportation qui représentait à une époque 60% de la valeur totale des exportations agricoles. Il s'est répandu dans le monde entier il y a longtemps et il est aujourd'hui naturalisé dans toutes les régions tropicales et subtropicales.



Jatropha curcas – planté et naturalisé

Usages Dans toute l'Afrique tropicale, différentes parties de *Jatropha curcas* sont utilisées pour toutes sortes d'usages médicinaux. C'est une source d'huile qui est employée traditionnellement dans la production de savon et comme source d'énergie ; c'est également une importante plante de haies. Les graines riches en huile et l'huile des graines (que l'on appelle "oleum ricini majoris" ou, à juste titre, "oleum infernale" ou "huile d'enfer") sont utilisées pour leurs vertus purgatives et pour expulser les parasites intestinaux, malgré la puissante irritation des voies gastro-intestinales, voire les empoisonnements, que provoque souvent leur emploi. Les feuilles et l'écorce sont tout aussi purgatives. En usage interne et externe, l'huile a des vertus abortives, et en usage externe, c'est un rubéfiant qui permet de traiter les rhumatismes ainsi que toutes sortes d'infections dermatologiques, malgré les irritations qu'elle peut provoquer sur la peau. L'huile entre dans la composition de revitalisants capillaires. Le latex est partout réputé pour cicatriser les plaies, pour ses vertus hémostatiques et pour soigner les problèmes de peau ; en application externe, il sert à traiter les plaies infectées, les ulcères, la teigne, l'eczéma, les dermatomycoses, la gale et la gale sarcoptique des moutons et des chèvres. Au séchage, le latex, d'abord visqueux, forme une pellicule étanche dont l'aspect évoque celui obtenu avec le collodion. Il a des effets styptiques et on l'utilise pour soulager les douleurs et les piqûres d'abeilles et de guêpes. Séchée et réduite en poudre, l'écorce de racine s'applique en cata-

plasmes, et en usage interne, elle sert à expulser les vers et traiter la jaunisse. Les feuilles s'appliquent aussi sur les plaies ; en décoction, elles s'utilisent contre la malaria au Mali et à Madagascar, tandis qu'au Bénin et à la Réunion, la décoction se prend contre l'hypertension. En usage externe, le jus des feuilles s'emploie au Bénin et à Madagascar pour traiter les hémorroïdes. En Guinée-Bissau, un extrait à l'eau bouillante des feuilles se prend par voie orale pour faire monter le lait chez les femmes (galactagogue) après leur accouchement. Les tiges crues servent de bâtonnets à mâcher pour renforcer les gencives, pour traiter les saignements, les gencives spongieuses ou les abcès. La décoction de racines est un remède contre la diarrhée et la gonorrhée. A Madagascar, la décoction de feuilles et de racines se prend pour traiter le paludisme. *Jatropha curcas* sert également dans la préparation de poison de flèche ; aux Philippines, c'est l'écorce qui est utilisée pour fabriquer un poison pour la pêche. Les graines provoquent souvent des empoisonnements accidentels, chez les animaux comme chez les humains.

L'huile des graines n'est pas comestible, car elle contient des composés toxiques. Son usage est traditionnellement réservé à la fabrication de bougies et de savon, d'huile lampante et de combustible pour la cuisine. C'est un médiocre lubrifiant, qui sèche trop vite. Mais dans les régions tropicales et subtropicales chaudes, les cultures de *Jatropha curcas* se répandent, en vue d'un usage comme biocarburant. L'huile est utilisée soit directement dans des moteurs adaptés qui font tourner des moulins à grains locaux, des presses à huile, des pompes à eau et de petits générateurs, soit elle est d'abord raffinée par transestérification au méthanol ou à l'éthanol, pour produire un carburant classique, utilisable par des moteurs diesel à haute performance.

Le tourteau qui reste après l'extraction d'huile est trop toxique pour avoir des débouchés dans l'alimentation animale, mais il constitue un engrais organique de valeur, riche en azote. Il existe des entrées de *Jatropha curcas*, trouvées au Mexique par ex., qui sont pratiquement dénuées de toxines ; compte tenu de sa teneur élevée en protéines, le tourteau issu de ces sélections fournirait une matière première nourrissante. Boullies ou rôties, leurs graines se mangent parfois comme amuse-gueule et les jeunes feuilles comme légume.

Le jus des feuilles produit un colorant noir ou une encre qui serait indélébile ; l'écorce produit un colorant bleu foncé, mais qui ne tient pas. La cendre des racines et des rameaux sert de sel de cuisson et de bain de teinture. *Jatropha curcas* est couramment cultivé dans les tropiques comme haie vive, pour lutter contre l'érosion, marquer les limites de terrains, protéger les habitations, les jardins et les champs contre les animaux brouteurs. A Madagascar et dans d'autres endroits de l'Afrique, il sert de tuteur à la vanille, au poivrier noir et aux ignames. Le bois est un médiocre combustible. Des hybrides de *Jatropha curcas* et d'autres espèces de *Jatropha* sont cultivés comme plantes ornementales.

Production et commerce international On ne dispose pas encore de statistiques officielles sur les zones de plantation ou sur la production. Depuis peu, *Jatropha curcas* a fait l'objet d'importants programmes de plantation dans plusieurs pays tropicaux à cause de son potentiel comme plante à biocarburant peu exigeante sur le plan agroécologique. Mais la plupart en sont encore à la phase pilote et ne dépassent probablement pas 100 000 ha au total. Seule l'Inde pourrait avoir vers 2030 plus de 10 millions d'ha de plantations à petite ou à grande échelle, la plupart sur des terrains vagues restaurés. Les pays d'Afrique tropicale qui ont d'importants projets de développement de la production de biocarburant à base de pourghère sont le Mali, le Burkina Faso, le Ghana, la Tanzanie, le Malawi, la Zambie et Madagascar. La longueur totale des haies de pourghère en Afrique tropicale est estimée à 75 000 km, soit un rendement potentiel de 60 000 t de graines par an.

Le prix des graines de pourghère varie entre les pays. Lorsqu'elles servaient à la fabrication de savon (Mali, Tanzanie), le prix au kilo avoisinait US$ 0,10. Mais quand la demande en graines pour le biocarburant aura augmenté, les prix vont monter. En Inde, on s'attend à ce que le prix au litre de carburant à base de pourghère soit fixé à US$ 0,40, pour refléter le prix coûtant plus une modeste marge bénéficiaire. A ce prix il faut ajouter les taxes et déduire la valeur des certificats de crédit carbone. Les prix du gazole dans les pays enclavés de l'Afrique de l'Ouest étaient de US$ 0,80–0,97 en 2007. On estime que des plantations et des moulins à huile à grande échelle pourraient produire du biocarburant de pourghère en Afrique de l'Ouest à un prix de 5–12% inférieur à ceux des prix actuels du gazole. Dans les régions reculées, la production et l'utilisation à petite échelle de biocarburant issu de *Jatropha*

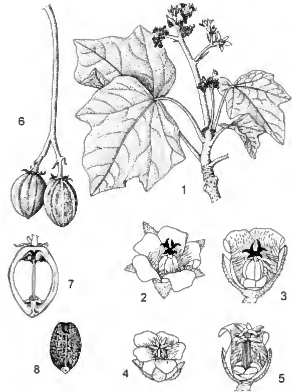
curcas est évidemment plus prometteuse que ce que prédisent les modestes marges.

Propriétés Les graines décortiquées (amandes) contiennent par 100 g : eau 3–6 g, énergie 3100–3300 kJ (740–790 kcal), protéines 23–29 g, lipides 53–70 g, fibres au détergent neutre 4 g, fibres au détergent acide 0,1–0,2 g, cendres 3,8 g. La teneur lipidique des graines entières est de 32–45%, le tégument représentant 35–40% du poids total de la graine. La composition en acides gras de l'huile est : acide palmitique 3,5–15,6%, acide palmitoléique 0,7–0,9%, acide stéarique 6,7–7,5%, acide oléique 34,3–46,3%, acide linoléique 30,8–43,1%, acide linolénique 0,2% et traces d'acides myristique, pentadécanoïque, margarique, margaroléique, arachidique, gadoléique, béhénique, lignocérique et nurvonique. En fonction de l'origine, la teneur soit en acide oléique, soit en acide linoléique, est plus élevée. Le biocarburant produit après transestérification de l'huile a des caractéristiques similaires à celles du pétrodiesel. Le bilan énergétique (total des intrants énergétiques dans la culture : rendement énergétique) du biocarburant de pourghère est évalué à 1 : 4–5, soit une bien meilleure performance qu'avec l'huile de colza. Le taux de protéines du tourteau après extraction de l'huile est d'environ 60%, avec une composition en acides aminés essentiels similaire à celle de la protéine de soja, mais plus élevée en acides aminés soufrés. Les composés toxiques des graines et de l'huile de graines sont des esters du diterpénoïde 12-désoxy-16-hydroxy-phorbol ; chez les cultivars toxiques, on en a trouvé jusqu'à 2,7 mg/g, et chez les non toxiques 0,1 mg/g. Comme ils sont thermostables, l'huile et le tourteau ne peuvent être détoxifiés par chauffage. Des études d'évaluation de toxicité quantitative ont été effectuées sur de nombreux modèles animaux. Les propriétés irritantes de l'huile des graines ont été évaluées dans l'essai d'irritation sur souris. Une autre étude a montré que l'huile n'avait pas de propriétés mutagènes, et donc elle n'est pas dangereuse pour les ouvriers qui manipulent le tourteau ; cependant après une initiation au 7,12-diméthylbenz(a)anthracène, l'huile a provoqué des tumeurs de la peau. Les graines contiennent également une fraction protéique toxique : la "curcine". Les protéines purifiées issues de cette fraction ont fait preuve d'effets inhibiteurs sur la synthèse des protéines in vitro, de manière analogue à celle de la ricine issue du ricin (*Ricinus communis* L.). Mais à la curcine fait défaut la fraction protéique qui permet à la ricine de franchir les membranes cellulaires, ce qui la rend bien moins dangereuse. La curcine a des effets antitumoraux importants sur plusieurs lignées de cellules tumorales et ses mécanismes s'apparentent à une activité N-glycosidase. Le potentiel anti-métastatique de la curcusone B, un diterpène isolé des parties aériennes, a été exploré sur 4 lignées de cellules cancéreuses humaines. Un traitement avec des doses non cytotoxiques de curcusone B élimine efficacement les processus métastatiques. Des extraits de graines ont eu des effets interrupteurs de grossesse chez les rongeurs, mais on ne sait pas bien s'il s'agit d'une action spécifique ou si cela résulte d'une toxicité générale.

Le latex de *Jatropha curcas* a présenté une activité protéolytique qui pourrait être responsable de certains de ses effets thérapeutiques, par ex. cicatrisants et hémostatiques (effet coagulant). Par contre, dilué, le latex a des effets anticoagulants. L'analyse du latex a débouché sur l'isolation de la "curcaïne", une protéase, dont les propriétés cicatrisantes ont été explorées sur un modèle souris. L'emploi de la curcaïne dans un onguent hydrophile (0,5–1%) s'est avéré avoir de meilleurs effets cicatrisants que ceux observés avec la nitrofurazone, un cicatrisant courant. Le latex contient également un octapeptide cyclique, la "curcacycline A" et un nonapeptide cyclique, la "curcacycline B". La curcacycline A a montré une inhibition modérée de la prolifération de cellules T chez l'homme avec effet dose-dépendant, sans que des effets cytotoxiques directs n'aient été observés. Lors d'un essai clinique, des verrues communes traitées avec ce latex ont disparu complètement en 16–20 jours. La curcacycline B renforce l'activité rotamase de la cyclophiline B humaine. Les feuilles de *Jatropha curcas* ont une puissante action cardiovasculaire, qui s'apparente à celle des β-bloquants. Un extrait au méthanol de feuilles s'est montré offrir une protection modérée aux lignées de cellules humaines in vitro contre le VIH, et l'extrait à l'eau des rameaux a une forte action inhibitrice sur les effets cytopathiques induits par VIH, avec une cytotoxicité faible. L'extrait de racines au méthanol a eu une activité significative contre la diarrhée induite à l'huile de ricin et au sulfate de magnésium chez les souris par inhibition de la biosynthèse de la prostaglandine et réduction de la pression osmotique. Le latex fait ressortir une action antibactérienne significative contre toutes sortes de bactéries gram-positives. Les graines moulues ont montré une efficacité molluscicide contre différen-

tes espèces hôtes de maladies humaines. L'huile des graines a des propriétés pesticides comparables à celle du nim (*Azadirachta indica* A.Juss.) contre des insectes tels que le ver de la capsule du cotonnier (*Helicoverpa armigera*) et la bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus*). Il est également efficace contre les termites. Le latex est fortement inhibiteur de plusieurs maladies fongiques des cultures, par ex. *Phytophthora palmivora* et *Fusarium solani*, ainsi que du virus de la mosaïque de la pastèque. On a aussi découvert la présence de stéroïdes (stigmastérol, β-sitostérol, β-sitostérol-β-D-glucoside) et de flavonoïdes.

Description Arbuste ou petit arbre caducifolié, un peu succulent, monoïque, atteignant 5(–8) m de haut ; tige sortant d'un épais rhizome pérenne, contenant un latex aqueux à blanchâtre ; écorce lisse, grise ou rougeâtre, brillante, partant en écailles papyracées. Feuilles alternes, simples ; stipules minuscules, tombant rapidement ; pétiole de (3–)10–15(–20) cm de long, glabre ; limbe à contour largement ovale, le plus souvent faiblement 5-lobé, de 7–14(–18) cm × 5,5–14(–18) cm, base faiblement à profondément cordée, apex aigu, bords habituellement entiers, glabre, à 5–7 nervures partant de la base. Inflorescence : cyme ombelliforme terminale ou axillaire, souvent en paire, à fleur femelle solitaire terminant chaque axe principal, et à nombreuses fleurs mâles sur les rameaux latéraux ; pédoncule atteignant 5(–7) cm de long, poilu ; bractées elliptiques-lancéolées, d'environ 1 cm de long, acuminées. Fleurs unisexuées, régulières, 5-mères, jaune verdâtre ; fleur mâle à lobes du calice ovales d'environ 2 mm de long, pétales fusionnés dans la moitié inférieure, lobes oblongs à ovales, d'environ 3 mm de long, disque composé de 5 glandes libres, étamines 8, en 2 verticilles distincts, les 5 situées à l'extérieur soudées à la base, les 3 intérieures ayant des filets complètement fusionnés ; fleur femelle à lobes du calice ovales-lancéolés de 4–5 mm de long, poilus, pétales d'environ 6 mm de long, libres, disque composé de 5 glandes libres, ovaire supère, ovoïde-ellipsoïde, 3-loculaire, styles 3, fusionnés à la base, stigmates 2-lobés, staminodes 10. Fruit : capsule largement ellipsoïde de 2,5–3 cm × environ 2 cm, à peau lisse, au départ charnue et verte, virant au jaune et finalement sèche et noire, déhiscente sur le tard, à 3 graines. Graines ellipsoïdes, de 1–2 cm de long, marbrées de noir et grossièrement ponctuées. Plantule à germination épigée, formant une racine pivotante et 4 racines périphériques ; hypocotyle allongé ; cotylédons largement oblongs et émergents ; 2 premières feuilles alternes.



Jatropha curcas – 1, rameau en fleurs ; 2, fleur femelle ; 3, fleur femelle ouverte ; 4, fleur mâle ; 5, fleur mâle ouverte ; 6, fruits ; 7, fruit en coupe longitudinale ; 8, graine.
Source: PROSEA

Autres données botaniques Le genre *Jatropha* appartient à la tribu *Jatropheae* de la sous-famille des *Crotonoideae*. Il comprend environ 170 espèces, dont la plupart se trouvent dans des régions tempérées chaudes et subtropicales ainsi que dans les tropiques à saison sèche. L'Afrique compte environ 70 espèces indigènes, et Madagascar une espèce endémique. *Jatropha curcas* appartient au sous-genre *Curcas*. Plusieurs espèces de *Jatropha* sont couramment cultivées dans les tropiques comme plantes médicinales ou ornementales ; il arrive qu'elles s'échappent des cultures.

Les graines de *Jatropha mahafalensis* Jum. & H.Perrier, espèce endémique de Madagascar, contiennent une huile, appelée "huile de Betrata", dont les propriétés sont similaires à celles de *Jatropha curcas* et qui a les mêmes usages traditionnels. L'huile sert à l'éclairage et s'emploie comme huile capillaire antipoux. La décoction de racine se boit comme tonique. Le latex renferme un heptapeptide cyclique, la mahafacycline A.

Croissance et développement Chez *Jatropha curcas*, la croissance est intermittente et sympodiale ; elle suit le modèle architectural de Leeuwenberg. Des fluctuations de précipitations, de température et de lumière induisent une dormance. Mais toutes les plantes n'y répondent pas simultanément ; on peut trouver dans les haies des plantes sans feuilles auprès d'autres couvertes de feuilles vertes. Les fleurs de *Jatropha curcas* produisent du nectar et sont parfumées. Dissimulés dans la corolle, les nectaires ne sont accessibles qu'aux insectes dotés d'une trompe ou d'une langue allongée. Le parfum sucré et entêtant des fleurs pendant la nuit et leur couleur jaune verdâtre laissent penser qu'elles sont pollinisées par des papillons de nuit. Dans les inflorescences, les fleurs femelles éclosent un ou deux jours avant les fleurs mâles ou en même temps que les fleurs mâles les plus précoces. Les fleurs mâles ne durent qu'une journée. Les cultures sous abri ne donnent jamais de graines, à moins que les fleurs soient pollinisées manuellement. Les plantes issues de graines sont plus résistantes à la sécheresse que celles cultivées à partir de boutures, car elles développent une racine pivotante. Le fruit, de la floraison à la maturité des graines, met 80–100 jours à se développer. Les plantes issues de boutures donnent des graines plus tôt que celles issues de graines. On arrive à une production complète à la 4e ou la 5e année. Des mycorhizes ont été observées sur les racines ; elles favorisent la croissance, surtout lorsque le phosphate est un facteur limitant. *Jatropha curcas* a une longévité potentielle de 30–50 ans.

Ecologie *Jatropha curcas* est présent dans les climats tropicaux semi-arides et subtropicaux chauds où les températures diurnes moyennes sont de 20–30°C et la pluviométrie annuelle de 300–600 mm. Il ne supporte pas le gel, mais il résiste à des sécheresses pouvant durer jusqu'à 7 mois. Il pousse sur des sols dégradés, sablonneux ou caillouteux, et même salins à faible teneur en nutriments, mais il ne peut survivre dans les terrains engorgés. Cependant, une production d'huile viable sur le plan économique exige des sols bien drainés de qualité acceptable au plan physique et chimique, et au moins 750 mm de précipitations annuelles, ou bien une irrigation supplémentaire.

Multiplication et plantation La multiplication se fait par graines ou par boutures. Le poids de 1000 graines est de 400–730 g. Les graines sont orthodoxes. La capacité de germination moyenne au bout de 7 ans de stockage à 16°C est d'environ 50%. Les graines se sèment au début de la saison des pluies. Un trempage pendant la nuit améliore la germination. Dans de bonnes conditions, les graines germent en une dizaine de jours. On peut également les semer en lits ou en pots et les repiquer au champ 4–6 mois plus tard. Les semis élevés en pépinière ont un taux de survie plus élevé que ceux obtenus par semis direct. Les haies autour des habitations ou des champs proviennent la plupart du temps de boutures. Des boutures de rameaux de 30 cm de long plantées directement au champ quelques semaines avant le début de la saison des pluies s'enracinent et reprennent facilement, car une couche de cire les protège du dessèchement. Toutefois, l'élevage en pépinière de boutures racinées avec seulement 2–3 nœuds, avant le repiquage au champ, présente l'avantage de donner un taux de multiplication bien plus important pour des sélections de valeur destinées à des plantations à haut rendement. La multiplication clonale par culture de tissus, à partir d'explants d'hypocotyle, de pétiole ou de feuille, est techniquement possible mais assez chère dans le cadre d'une multiplication de masse.
Dans des plantations établies pour une production d'huile, l'espacement pratiqué est de 2–3 m entre les lignes et de 2–2,5 m sur la ligne, ce qui donne des densités de 1350–2500 pieds/ha.

Gestion Dans les nouvelles plantations, les pratiques culturales sont le désherbage, la taille et l'apport d'engrais. Les plants fraîchement mis en terre doivent être protégés des ruminants, car ils n'ont pas encore synthétisé de toxines répulsives dans leurs feuilles et leurs pousses. La taille débute 3–4 mois après la plantation au champ, afin d'induire une charpente de 25 branches au plus, pour obtenir une floraison et une fructification plus abondantes ; la taille d'entretien des arbustes adultes vise à induire la croissance de nouveaux rameaux latéraux et à restreindre la pousse en hauteur pour faciliter la récolte. Dans le cas des haies protectrices, une taille régulière est nécessaire pour réduire l'ombrage sur les cultures avoisinantes. Les besoins en nutriments de *Jatropha curcas* dans l'optique d'une production maximale en huile ne sont pas encore bien définis, mais c'est une plante qui semble réagir particulièrement bien aux engrais organiques, notamment coques de fruits compostées et tourteaux de graines. La litière de feuilles et les résidus de taille de la plantation contribuent également à l'amélioration de la teneur en matière organique du sol. Des

apports en N, P et K dans le trou de plantation favorisent l'établissement précoce et la croissance rapide des nouvelles plantations. Lorsque les conditions climatiques et pédologiques sont favorables, et lorsque les plantes sont espacées davantage, une association avec des légumes ou des légumes secs est possible. Un apport d'engrais à la culture associée profite aussi à la pourghère.

Maladies et ravageurs *Jatropha curcas* est rarement attaqué par les maladies ou les ravageurs. L'oïdium peut endommager les feuilles et les fleurs, et *Alternaria* peut provoquer une chute des feuilles. Des chenilles de *Spodoptera litura* se nourrissent des feuilles, et plusieurs espèces de coléoptères se nourrissent des feuilles des jeunes plantes. Ces ravageurs peuvent également affecter les plantes cultivées en association avec *Jatropha curcas*. C'est une plante-hôte facultative pour les virus du manioc, et elle ne doit donc pas être plantée comme haie autour des champs de manioc.

Récolte La récolte et la séparation des graines et des fruits s'effectue à la main. Les meilleurs cueilleurs peuvent récolter environ 30 kg de fruits à l'heure, ce qui représente environ 18 kg de graines. Comme les fruits demeurent assez longtemps sur les branches, il faut les cueillir ou les gauler avec un bâton.

Rendements La production annuelle de graines de plantes adultes issues de graines peut aller de 300 g à 3(–6) kg, en fonction des conditions de culture et de la capacité inhérente de production. Les données fournies par les plantations pilotes montrent les rendements suivants en graines par ha : 0,5 t dans l'année qui suit la plantation au champ, 1,2–1,5 t la deuxième année, chiffre qui passe à 2,5–3,0 t à partir de la cinquième année, lorsque la plantation est en pleine production. Des rendements de 5 t de graines/ha, soit l'équivalent de 1,6–2,0 t d'huile plus 3,0–3,4 t de tourteau, ont été déclarés pour des plantations de pourghère bénéficiant de conditions agroécologiques optimales (par ex. en Inde et au Nicaragua).

Des haies anciennes et denses dans les villages ou les villes peuvent produire 2 kg de graines par m et par an (hauteur 5–6 m, bon sol, 800 mm de pluviométrie annuelle), et les haies taillées autour des jardins et des champs pas plus de 0,8 kg.

Traitement après récolte Les graines destinées à être plantées doivent être mises à sécher soigneusement à l'ombre jusqu'à 6–9% d'humidité et conservées au frais dans des récipients hermétiques. L'extraction traditionnelle de l'huile consiste à faire bouillir les graines préalablement grillées et broyées, jusqu'à ce que l'huile qui flotte à la surface puisse être écumée. Mais il y a des méthodes plus efficaces, qui reposent sur l'extraction au moyen de presses à vis manuelles ou mécaniques. L'efficacité de cette méthode à froid est considérablement augmentée lorsque les graines sont d'abord écrasées dans un broyeur à marteaux. Le tourteau nécessite un compostage avant de pouvoir être utilisé comme engrais organique. L'huile pourra être raffinée dans un réacteur de transestérification continue pour produire du biocarburant de qualité diesel et du glycérol qui ait une valeur comme produit dérivé. Ce biocarburant représente environ 92% du poids initial de l'huile.

Ressources génétiques On connaît plusieurs types de *Jatropha curcas*. Un type non toxique est cultivé au Mexique (sans esters de phorbol dans les graines). Un type nicaraguayen a des feuilles plus grandes à lobes arrondis et des fruits et graines plus gros mais moins abondants. Il existe des types mâle-stériles, qui produisent plus de fruits que les types courants. Un essai de provenances mené à la fin des années 1980 a montré que les diverses sélections originaires d'Afrique présentaient d'importantes différences au niveau du développement végétatif, mais pas au niveau des caractères morphologiques. L'université de Wageningen (Pays-Bas) a lancé un programme destiné à prospecter et à évaluer les ressources génétiques de *Jatropha curcas*, à les maintenir dans des banques de gènes au champ et à démarrer des travaux d'amélioration.

La Banco Nacional de Germoplasma Vegetal, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma de Chapingo, à Chapingo, au Mexique, et le Departamento de Biología, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, à León, au Nicaragua détiennent tous les deux une centaine d'entrées de *Jatropha curcas*, mais la collecte, la caractérisation et le maintien de ressources génétiques couvrant l'intégralité de la variation de l'espèce fait toujours cruellement défaut.

Sélection La plupart du matériel végétal utilisé à ce jour résulte d'une sélection simple opérée au sein de peuplements semi-naturels ou de variétés locales. Les variations interplantes en terme de vigueur et de rendement en graines sont énormes et on peut donc s'attendre à ce qu'une sélection systématique donne lieu à d'importantes améliorations génétiques pour les rendements en graines et d'autres

caractéristiques importantes. Des programmes d'amélioration génétique ont été lancés récemment dans plusieurs pays, par ex. à l'université de Wageningen (Pays-Bas), mais aucun détail quand à l'avancement de ces travaux n'est encore disponible. De toute évidence, pour la production de biocarburant, le principal objectif d'amélioration des cultivars de *Jatropha curcas* sera le rendement en huile par ha. Des cultivars à croissance compacte faciliteraient la récolte.

Perspectives Les multiples usages traditionnels de *Jatropha curcas*, que ce soit au plan médicinal, comme huile végétale non alimentaire ou comme plante auxiliaire, ont été bien exploités dans les régions tropicales et subtropicales depuis des siècles. Son potentiel considérable d'oléagineux pour biocarburant à des coûts relativement faibles et d'exigence modeste sur l'agroécosystème local a suscité beaucoup d'intérêt au cours des dernières années. Il faut s'attendre à ce que d'ici une décennie ou deux, *Jatropha curcas* devienne une source d'énergie renouvelable majeure des régions rurales arides (sub)tropicales d'Asie, d'Afrique et d'Amérique. Il reste encore beaucoup à faire sur le plan agronomique et en matière de sélection pour maximiser le potentiel de production d'huile de pourghère par ha et en améliorer ainsi la viabilité économique. Des techniques et des installations de multiplication rapide doivent être mis au point pour faciliter la mise à disposition du matériel de plantation en quantités suffisantes. C'est particulièrement urgent, car la plantation de matériel non amélioré non seulement ne débouche que sur de faibles retours sur investissement, mais pourrait aussi faire perdre tout intérêt pour cette culture. Il faudrait aussi lancer d'autres recherches sur les propriétés médicinales des différentes parties de la plante, par ex. sur ses effets cicatrisants, antipaludiques et anti-VIH. L'exploration du potentiel agronomique et médicinal d'autres espèces de *Jatropha* aurait aussi un intérêt.

Références principales Burkill, 1994; Francis, Edinger & Becker, 2005; Gübitz, Mittelbach & Trabi, 1999; Heller, 1996; Henning, 2001b; Makkar, Aderibigbe & Becker, 1998; Mujumdar & Misar, 2004; Openshaw, 2000; Osoniyi & Onajobi, 2003; Susiarti, Munawaroh & Horsten, 1999.

Autres références Anonymous, 1997–1998; Baraguey et al., 2000; Fangrui & Milford, 1999; Grimm, 1999; Haas & Mittelbach, 2000; Heim, Garrigue & Husson, 1919; Henning, 2001a; Lin et al., 2003; Maheu & Husson, 1920; Makkar & Becker, 1999; Makkar, Becker & Schmook, 1998; Muangman, Thippornwong & Tohtong, 2005; Mujumdar et al., 2001; Neuwinger, 2000; Rajore, Sardana & Batra, 2002; Rouillard & Guého, 1983; Satish Lele, 2007; SEPASAL, 1999; Shah, Sharma & Gupta, 2004; Songjang & Wimolwattanasarn, 2004; Sujatha & Prabakaran, 2003; Venturini del Greco & Rademakers, 2006; World Agroforestry Centre, undated.

Sources de l'illustration Susiarti, Munawaroh & Horsten, 1999.

Auteurs R.K. Henning

LINUM USITATISSIMUM L.

Protologue Sp. pl. 1 : 277 (1753).

Famille Linaceae

Nombre de chromosomes $2n = 30$

Noms vernaculaires Lin (Fr). Linseed, flaxseed, flax (En). Linhaça, linho (Po). Kitani (Sw).

Origine et répartition géographique *Linum usitatissimum* est très vraisemblablement issu de la domestication de l'espèce sauvage *Linum bienne* Mill., plante pérenne à vie courte que l'on trouve en Europe occidentale et méridionale et en Asie occidentale. L'Inde est un important centre de diversité génétique pour *Linum usitatissimum*, mais ne peut être considérée comme son centre d'origine en raison de l'absence de son ancêtre *Linum bienne*. *Linum usitatissimum* a fait partie des premières plantes cultivées dans le Croissant fertile il y a plus de 8000 ans. Il a évolué vers des types à fibres, appelés "lin textile", et des types à graines oléagineuses, appelés "lin oléagineux". Les



Linum usitatissimum – planté

données archéologiques indiquent que la domestication et la répartition initiale du lin cultivé concernaient principalement le lin textile, mais cela peut être dû au fait que les textiles se conservent plus aisément que l'huile. Le lin fournissait les fibres pour les vêtements et les cordages employés par les Sumériens, les Egyptiens, les Grecs et les Romains. Il était commercialisé par les anciens Egyptiens vers 4000 av. J.-C., et on a trouvé des restes de graines dans des villages préhistoriques des Alpes suisses. La teneur élevée en huile des graines était également appréciée, et les momies égyptiennes apportent la preuve de l'emploi de l'huile vers 1400 av. J.-C. La spécialisation est intervenue tôt. Les types méditerranéens et européens ont donné le lin textile, tandis que les types à cycle court adaptés aux climats chauds de l'Asie occidentale, du sous-continent indien et de l'Ethiopie ont évolué en lin oléagineux.

Linum usitatissimum est de nos jours largement cultivé dans de nombreuses régions du monde, y compris dans les tropiques. Le lin textile est cultivé dans les climats tempérés frais et humides, tandis que le lin oléagineux est cultivé sous des climats plus chauds. Les facteurs socioéconomiques influent aussi sur sa répartition ; l'Europe orientale et la Fédération de Russie produisent surtout du lin textile, le Canada et le nord des Etats-Unis surtout du lin oléagineux. En Afrique tropicale, cette dernière production est concentrée dans les hautes terres d'Ethiopie, où le lin oléagineux est cultivé depuis des temps immémoriaux. Aux hautes altitudes, c'est la culture oléagineuse la plus importante après le noug (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.). Le lin oléagineux est également cultivé à petite échelle dans les hautes terres du reste de l'Afrique de l'Est.

Usages *Linum usitatissimum* est cultivé pour ses graines riches en huile et pour ses fibres libériennes, sous forme de cultures distinctes ou à deux fins. Il existe une longue tradition de consommation de graines de lin, généralement en mélange avec des céréales, en Asie occidentale et sur le sous-continent indien. En Europe et en Amérique du Nord, la graine de lin est aujourd'hui un ingrédient courant dans des aliments diététiques tels que flocons de céréales mélangées ou pain multi-céréales. En Ethiopie, la graine est souvent consommée grillée, écrasée et mélangée avec des épices et un peu d'eau pour être servie avec les pains locaux. On la consomme aussi en soupes, en boissons non alcoolisées et avec une bouillie ou des pommes de terre bouillies.

L'huile prend rapidement un goût rance très déplaisant peu après son extraction des graines pilées, ce qui la rend moins propre à la consommation humaine. Ce phénomène est associé à la teneur élevée en acide linolénique et à une oxydation rapide aux doubles liaisons. L'huile finit par se polymériser pour former un film souple. Elle a trouvé traditionnellement une large application comme huile siccative dans les peintures, vernis et revêtements industriels, comme huile lampante et dans la fabrication de mastic de vitrier, savons, encres d'imprimerie, gommes à effacer et linoléum, ainsi que comme imperméabilisant pour les vêtements imperméables et les bâches. On produit une huile de lin comestible avec un faible pourcentage d'acide linolénique et une teneur bien plus élevée en acide linoléique à partir des cultivars 'Solin' ou 'Linola' récemment mis au point au Canada et en Australie. Le mucilage des graines est employé en substitut de la gomme arabique comme stabilisateur, liant, gélifiant et agent de suspension dans les aliments. Il a fait l'objet d'un brevet comme substitut du blanc d'œuf. Le tourteau de lin et la farine qui restent après extraction de l'huile sont utilisés comme supplément de protéines et d'acide gras oméga-3 en nutrition animale après élimination préalable des substances toxiques.

Les propriétés médicinales traditionnellement très estimées de la graine de lin ont reconquis depuis peu un intérêt considérable. Les graines elles-mêmes ou leurs constituants biologiquement actifs (fibres alimentaires solubles et insolubles, acide α-linolénique et lignanes) sont employés dans des alicaments destinés à soulager diverses affections telles que troubles digestifs, forte cholestérolémie, maladies coronaires et rénales, problèmes hormonaux et certains types de tumeurs malignes.

Les tissus fabriqués avec les fibres libériennes sont employés pour le linge de maison (serviettes de toilette, serviettes de table, etc.), l'ameublement (rideaux, tissu mural, capitonnage), et les vêtements. Leur capacité élevée d'absorption de l'humidité, leur résistance, leur facilité de lavage, leur excellente tenue de la couleur et leur résistance au rétrécissement les rendent très aptes pour ces usages. Un inconvénient est qu'ils se froissent facilement. La fibre de lin est également employée pour la fabrication de papiers fins tels que papier à cigarettes, papier de dessin, billets de banque, papier d'archives et de sécurité, souvent en mélange avec d'autres

pâtes. La fibre de lin employée pour le papier provient de déchets de filature et de tissage, de chiffons de lin, de la fraction courte des fibres libériennes ou des déchets de fabrication de fibre textile de haute qualité ("étoupe de lin"), ou encore de la paille mécaniquement décortiquée de lin cultivé essentiellement pour la graine ("étoupe de lin oléagineux").
La paille de lin oléagineux est également utilisée dans la fabrication de ficelle, de toile à sac et de panneaux muraux isolants. Le cœur ligneux restant après extraction des fibres est employé dans la fabrication de panneaux de particules ou, en combinaison avec des fibres libériennes, pour la fabrication de papier.

Production et commerce international La production mondiale annuelle moyenne de lin oléagineux en 2000–2004 a été d'environ 2 millions de t sur 2,6 millions ha. Les principaux producteurs ont été le Canada (650 000 t), la Chine (440 000 t), les Etats-Unis (285 000 t), l'Inde (215 000 t), l'Union européenne (135 000 t), la Fédération de Russie (55 000 t) et l'Ethiopie (55 000 t). Le Canada est le premier exportateur de lin oléagineux (plus de 600 000 t par an), la Belgique étant le principal importateur (plus de 400 000 t), et le deuxième pays exportateur (85 000 t).
La production mondiale annuelle de fibres et d'étoupe de lin a été en 2002–2004 de 670 000 t sur 475 000 ha, les principaux producteurs étant la Chine (420 000 t), l'Union européenne (160 000 t) et la Fédération de Russie (51 000 t). La Belgique est le principal importateur (144 000 t), et également le deuxième exportateur (122 000 t) après la France (153 000 t). La Chine est le deuxième importateur, ses importations annuelles s'accroissant rapidement, passant de 60 000 t à 120 000 t entre 2000 et 2003.

Propriétés Les graines contiennent par 100 g de partie comestible : eau 8 g, énergie 2059 kJ (492 kcal), protéines 19,5 g, lipides 34 g, glucides 34,3 g, fibres alimentaires totales 27,9 g, Ca 199 mg, Mg 362 mg, P 498 mg, Fe 6.2 mg, Zn 4,2 mg, thiamine 0,17 mg, riboflavine 0,16 mg, niacine 1,40 mg, folates 260 µg, acide ascorbique 1,5 mg (USDA, 2004). La composition en acides gras de l'huile de lin traditionnelle est la suivante : acide palmitique 5–6%, acide stéarique 4–5%, acide oléique 18–20%, acide linoléique 14–16%, acide α-linolénique 40–60%. Dans l'huile extraite de graines des cultivars 'Solin' et 'Linola', les teneurs en acide linolénique peuvent ne pas excéder 2%, avec un accroissement concomitant de l'acide linoléique, tandis que le niveau des autres acides gras demeure inchangé.
Le mucilage des graines de lin consiste principalement en fibres alimentaires solubles, qui se composent de polysaccharides, polypeptides et glycoprotéines. La proportion de fibres alimentaires solubles par rapport aux fibres insolubles varie entre 1:4 et 2:3. On attribue au mucilage la réduction notable du cholestérol total et LDL et du glucose sanguin qui est associée à une consommation régulière de graines de lin. Les graines de lin améliorent également les mouvements péristaltiques du tube digestif : le mucilage absorbe de l'eau de l'appareil gastro-intestinal, tandis que les fibres insolubles accroissent le temps de transit intestinal.
L'acide α-linolénique est un acide gras oméga-3 essentiel dans l'alimentation humaine. Il intervient pour accroître l'activité des phospholipides liés aux membranes, améliorer l'élasticité des membranes artérielles et réduire les réactions inflammatoires induites par les eicosénoïdes et conduisant à l'artériosclérose et à l'arthrite rhumatoïde. La graine de lin est riche en lignanes végétaux (composés diphénoliques), qui dans le colon sont convertis en lignanes de mammifères. Les lignanes inhibent la prolifération et la croissance des cellules. On a montré qu'ils étaient efficaces contre des cancers sensibles aux hormones en particulier.
Les graines contiennent de la linamarine, glucoside cyanogénétique qui en présence de l'enzyme endogène linase (libérée après broyage des graines) s'hydrolyse pour former du cyanure d'hydrogène, qui est toxique. Un chauffage préalable du tourteau de pression évite l'intoxication cyanhydrique. Les protéines du tourteau contiennent un faible taux de lysine. Le tourteau et la farine de lin sont réputés avoir un effet régulateur sur le système digestif des animaux domestiques, accroître le rendement en beurre des vaches laitières, et rendre plus luisante la robe des animaux de concours.
Enrobé dans le cortex de la tige se trouve un anneau de 20–50 groupes de faisceaux souples de fibres. Chacun de ces faisceaux représente un brin de fibres commerciales. La proportion de fibres dans l'ensemble de la tige sèche est influencé tant par le génotype que par les conditions de croissance, et varie de 28–36%. Chaque faisceau de fibres est constitué par 10–40 cellules fibreuses, qui sont entrelacées dans le sens longitudinal. Les cellules fibreuses ont une longueur de 10–40 mm pour un diamètre de 10–30 µm, avec un lumen étroit. Elles sont fuselées à chaque extrémité, avec une section circulaire à polygonale. Les cellules fibreuses

des génotypes de lin oléagineux ont tendance à être plus courtes et plus grossières, avec un lumen plus étroit. Chimiquement, les fibres rouies brutes se composent de : cellulose 64%, hémicellulose 17%, pectine 2%. Les fibres de lin ont une capacité d'absorption de l'humidité élevée et sont plus résistantes que les fibres de coton, de rayonne et de laine, mais sont moins résistantes que les fibres de ramie. Elles sont douces, lustrées et flexibles, mais pas aussi flexibles ou élastiques que les fibres de coton et de laine.

Falsifications et succédanés Les huiles végétales destinées à la consommation humaine peuvent souvent être substituées entre elles, mélangées ou modifiées par transestérification. En Ethiopie, on mélange une certaine quantité d'huile de lin à d'autres huiles de haute qualité telles que l'huile de noug, de tournesol ou de carthame. Ce mélange a pour but de réduire le risque de rancissement et maintenir ainsi un goût acceptable. Le carthame est également utilisé à la place des graines de lin pour préparer un plat local appelé "fit-fit" (mélange de farine de lin, d'eau et d'épices avec du pain local), qui est souvent servi durant les périodes de jeûne.

Description Plante annuelle érigée atteignant 120 cm de haut ; système racinaire constitué d'une racine pivotante se ramifiant ensuite jusqu'à une profondeur atteignant 60 cm ; tige mince, érigée, glabre, vert grisâtre, souvent finement ramifiée dans sa partie supérieure. Feuilles alternes à presque opposées dans la partie basse de la tige, alternes au-dessus, simples et entières, sessiles, sans stipules ; limbe étroitement elliptique à linéaire ou lancéolé, jusqu'à 50 mm × 5(–8) mm, glabre, d'un vert moyennement mat, 3-nervé de la base à l'apex. Inflorescence : corymbe lâche, terminal, feuillé. Fleurs bisexuées, régulières, 5-mères ; pédicelle érigé, de 1–3,5 cm de long ; sépales libres, largement ovales-elliptiques, de 5–10 mm × 2–5 mm, acuminés ; pétales libres, obovales, de 8–15 mm × 4–11 mm, base à onglet, bord légèrement denté, blancs à bleu pâle ou bleu violacé avec des nuances de rose ; étamines 5, unies à la base en un anneau glanduleux, partie libre de 2–6 mm de long ; styles 5, souvent courtement soudés entre eux à la base, de 2–3 mm de long, stigmates linéaires en massue, de 1–2 mm de long. Fruit : capsule sphérique de 7–10 mm de diamètre, 5-loculaire mais chaque loge souvent divisée par une cloison secondaire, renfermant jusqu'à 10 graines. Graines comprimées, de 6–10 mm × 2–3 mm, avec un bec indistinct d'environ 1 mm de long, jaune brillant à brun foncé. Plantule à germination épigée ; hypocotyle de 1,5–4 mm de long, épicotyle jusqu'à 1,5 mm de long ; cotylédons oblongs-elliptiques, de 6,5–14 mm de long, foliacés.



Linum usitatissimum – 1, port de la plante ; 2, jeune fruit ; 3, jeune fruit en section transversale ; 4, graines.
Redessiné et adapté par Iskak Syamsudin

Autres données botaniques Le genre *Linum* comprend quelque 200 espèces. *Linum usitatissimum* est la seule espèce cultivée importante, bien que quelques espèces du genre présentent un intérêt ornemental. *Linum usitatissimum* est une espèce très variable, et pour tenter de classifier cette variabilité on a proposé de nombreux groupements subspécifiques. Deux groupes principaux sont évidents : les cultivars cultivés pour leurs graines et ceux cultivés pour leurs fibres. Il y a encore un troisième groupe de cultivars, cultivés à la fois pour leurs graines et pour leurs fibres. Dans les trois groupes, il existe de nombreux cultivars.

Des changements peuvent se produire dans l'ADN nucléaire de certains cultivars de lin en une seule génération, en raison de conditions écologiques spécifiques. Les caractéristiques mo-

difiées concernent la hauteur des plantes, leur poids, le nombre de ramifications, et l'ADN nucléaire total. Ces changements ne se produisent pas au hasard ; on a montré au contraire qu'ils se produisent de manière répétée, et qu'ils se transmettent à la descendance.

Croissance et développement En conditions tropicales, les graines germent et lèvent dans les 7–10 jours après le semis. Les premières feuilles véritables apparaissent dans les 2–3 jours après la levée. La croissance initiale est lente en conditions fraîches. La racine pivotante atteint 15 cm lorsque la tige a 3–4 cm de long. La racine pivotante, et également les racines latérales de certains cultivars dans des conditions de sol sec, peuvent descendre jusqu'à 1 m de profondeur. Le mode de ramification est une caractéristique du cultivar ; chez certains cultivars, par ex. d'Ethiopie, les ramifications se forment à l'aisselle des cotylédons ou des premières feuilles ; de nombreux cultivars de lin oléagineux se ramifient fortement à partir des nœuds supérieurs, tandis que les lins textiles se ramifient très peu.

Le lin textile est une plante de jours longs à réaction quantitative, tandis que le lin oléagineux est moins sensible au photopériodisme. Les fleurs s'ouvrent peu après l'aurore, et l'autofécondation est prédominante. La pollinisation se produit vers le milieu de la matinée. Un certain degré de fécondation croisée peut se produire en fonction des populations d'insectes tels qu'abeilles. Les pétales tombent après la fécondation, cette chute étant complète vers le milieu de la journée. La longueur des tiges atteint son maximum peu après la floraison. La floraison est indéterminée, ce qui se traduit par une formation inégale des capsules et par suite une maturation irrégulière. A mesure que les capsules mûrissent, leur couleur vire au brun, tandis que celle des feuilles inférieures et de la tige vire au jaune. Les graines dans les capsules deviennent brun pâle, pleines et flexibles, ce qui indique un maximum de teneur en matière sèche. Leur maturité est atteinte lorsqu'elles sont libres et qu'on peut les entendre en secouant la capsule.

Les cultivars de lin oléagineux produisent une soixantaine de feuilles par plante, les cultivars de lin textile de l'ordre de 80. Le nombre de capsules par plante varie selon le génotype, la conduite de la culture et les conditions climatiques, mais normalement il est de 5–15 par plante. La durée de la culture du lin oléagineux est normalement de 100–180 jours, dont 40–60 jours du début de la floraison à la récolte. Pour le lin textile, la durée qui s'écoule depuis le semis jusqu'à la récolte est de 90–120 jours, et jusqu'à la maturité des graines de 140–200 jours.

Ecologie On peut obtenir un bon rendement en graines avec une gamme de températures de 10–30°C, une humidité relative à midi de 60–70%, et une pluviométrie de 150–200 mm répartie sur les 3 mois du cycle de végétation. Des températures de –6°C peuvent tuer la culture au stade du semis, et le gel peut aussi causer des dégâts au moment de la floraison et au stade des capsules vertes. Des conditions chaudes et sèches sont nécessaires depuis le début de la formation des capsules jusqu'à leur maturité pour le séchage et le battage des graines. Des pluies vers la maturité de la culture peuvent provoquer une floraison secondaire et par suite une maturité non uniforme. Des pluies abondantes et des vents forts peuvent provoquer la verse. En Ethiopie, on obtient des récoltes de graines acceptables à 1600–2800 m d'altitude. Sur le lin textile, des journées chaudes et sèches avant et durant la floraison peuvent provoquer une ramification des plantes et par suite des tiges plus courtes et plus ligneuses.

Les sols optimaux pour le lin sont des sols bien drainés mais avec une bonne rétention de l'eau et ayant une texture moyenne à lourde, tels que des limons argileux et des argiles limoneux. La couche arable doit être fine et ne pas avoir tendance à s'encroûter. Le lin ne vient pas bien sur des sols de pH inférieur à 5 ou supérieur à 7, et est sensible à la salure du sol.

Multiplication et plantation Le lin est multiplié par graines. Le poids de 1000 graines est de 4–13 g. En raison de la petitesse des graines et de la sensibilité des semis à la concurrence des adventices, un lit de semence finement préparé, exempt de mauvaises herbes et suffisamment humide est essentiel pour une bonne installation de la culture. On peut l'obtenir par un labour suivi d'un hersage ou par deux ou trois passages de charrue traditionnelle. Les graines peuvent être semées à la volée à la main et ensuite enfouies en traînant des ramilles d'arbres sur le champ. On peut aussi faire un disquage ou un hersage, mais il en résulte une profondeur inégale d'enfouissement des graines, et par suite une levée et une maturation irrégulières. C'est pourquoi le semis au semoir est préférable. La profondeur optimale de semis dépend du type de sol et de son degré d'humidité. Sur des sols lourds, une profondeur de 1,5 cm est généralement suffisante, tandis

que sur des sols plus légers une profondeur de 2 cm réduit le risque de sécheresse. Sur des sols où se forme une croûte après une forte pluie, rendant la levée difficile, un léger hersage est recommandable. La dose de semence dépend du génotype, de la méthode de semis, des conditions d'humidité et de l'objectif de la production. Une dose de semences plus forte est recommandée pour le semis manuel et dans des conditions d'humidité élevée. Les recommandations pour le lin oléagineux varient de 17 kg/ha dans des conditions de faible pluviométrie à 55–90 kg/ha dans des conditions optimales d'approvisionnement en eau. En Ethiopie, des doses de 25 kg/ha sont optimales pour le lin oléagineux semé en lignes, avec un espacement des lignes de 20 cm et une densité d'environ 500 plantes/m²; pour le semis à la volée, des doses de semences de 35–40 kg/ha sont recommandées. Pour le lin textile, une dose de semences de 80–110 kg est recommandée pour des conditions optimales en cas d'utilisation d'un semoir ; on recommande jusqu'à 150 kg/ha pour les cultures semées à la main. L'espacement entre les lignes pour le lin textile est de 6–15 cm avec une densité de 1800–3300 plantes/m². Les semences doivent être exemptes de graines de mauvaises herbes, de graines ridées ou malades, et de préférence traitées avec un fongicide.

Gestion Les jeunes plantes de lin ne supportent pas bien la concurrence des adventices, et un bon désherbage est nécessaire. On peut le réaliser par arrachage manuel à deux reprises (3 et 5 semaines après le semis) ou avec une gamme d'herbicides de pré- ou post-levée. En général, on pratique un labour précoce pour stimuler la germination des graines de mauvaises herbes, suivi d'un hersage superficiel avant le semis pour tuer les adventices. Un stress hydrique durant la floraison et le début de la formation des graines nuit au rendement et à la qualité des graines, et lorsque c'est possible une irrigation complémentaire est recommandée depuis l'apparition des boutons floraux jusqu'à la fin de la formation des graines. Une irrigation plus tardive risque de provoquer une floraison secondaire et un mûrissement inégal des graines. Le lin oléagineux et le lin textile requièrent des quantités relativement faibles d'éléments nutritifs, bien que leur absorption dépende du type de sol, du cultivar et des conditions climatiques. Des taux d'absorption typiques pour une culture de lin oléagineux ou de lin textile produisant 5–6 t de paille et 0,6–0,8 t de graines par ha sont approximativement les suivants : 50–75 kg N, 10–16 kg P, 40–60 kg K, 18–36 kg Ca et 8–11 kg Mg. En Ethiopie, les doses d'engrais recommandées pour le lin oléagineux sont de 23 kg N et 10 kg P par ha ; aux Etats-Unis, les recommandations moyennes sont de 50 kg N, 25 kg P et 50 kg K par ha.

Pour le lin textile, des doses élevées d'azote favorisent la verse, la ramification, la lignification des fibres et la réduction de l'épaisseur des parois des fibres. C'est pourquoi le lin textile ne reçoit jamais de fortes doses d'azote inorganique et répond bien à des apports fractionnés. Dans l'idéal, la culture doit tirer la plus grande partie de son azote de la matière organique du sol. Une ample disponibilité en P est requise pour obtenir de bons rendements en graines et des fibres de haute qualité, mais des doses excessives peuvent entraîner une diminution de la qualité des fibres. Un approvisionnement suffisant en K est essentiel tant pour le rendement en fibres que pour la qualité des graines. Les engrais organiques sont de préférence apportés à la culture précédente, du fait qu'un apport direct d'engrais organique peut favoriser la verse et provoquer une croissance irrégulière.

Une rotation des cultures est nécessaire pour réduire l'invasion des adventices et le développement de maladies, et pour améliorer la matière organique du sol. Le lin doit de préférence ne pas être cultivé sur un même sol plus qu'une fois tous les 5–6 ans, et le mieux est de le cultiver selon une rotation qui réduise l'invasion d'adventices. Il donne de bons résultats après des légumes secs, des céréales et des pommes de terre.

Maladies et ravageurs Les principales maladies qui s'attaquent au lin, tant oléagineux que textile, sont causées par des champignons provenant du sol ou des graines, et elles peuvent en général être évitées par l'enrobage des graines, la rotation des cultures ou l'emploi de cultivars résistants aux maladies. Les principales maladies transmises par les graines sont l'anthracnose (*Colletotrichum linicola*), la pourriture grise (*Botrytis cinerea*), la septoriose (*Septoria linicola*, anamorphe *Mycosphaerella linicola*) et l'alternariose (*Alternaria* spp.). Les symptômes de ces maladies sont des lésions sur la tige ou les feuilles. Le brunissement et le bris de la tige forment un complexe de symptômes causés par le champignon transmis par graines *Polyspora lini* (synonyme : *Aureobasidium lini*, téléomorphe *Discosphaerina fulvida*). Une infection précoce entraîne le bris de la

tige, tandis qu'une infection à un stade plus tardif provoque des lésions brunes allongées avec des bords violacés dans la partie supérieure de la tige, donnant aux parties très touchées une apparence brune. Les principales maladies transmises par le sol comprennent la pourriture de la tige (*Sclerotinia sclerotiorum*), le flétrissement (*Fusarium oxysporum*) et le desséchement (*Pythium megalacanthum*). Ces maladies attaquent le système racinaire ou la partie basse de la tige, causant soit la verse soit l'arrêt de la croissance, et la mort progressive de la plante à partir du sommet. Une autre maladie, la rouille (*Melampsora lini*), se caractérise par l'apparition de pustules rouge vif (urédospores) sur les parties aériennes de la plante, remplacées plus tard par des incrustations noires (téliospores). Les spores sont transportées par les graines et sur des fragments de balle, et elles peuvent survivre jusqu'à deux ans dans le sol. Dans les zones infectées, il faut utiliser des cultivars résistants à la rouille. On peut aussi lutter contre la maladie par un enrobage des graines et une rotation des cultures de 3–4 ans. L'oïdium (*Odium* spp.) est aussi une maladie cryptogamique, et la lutte est analogue à celle contre la rouille. Une enquête récente a montré que le flétrissement, la septoriose et l'oïdium étaient les maladies les plus répandues en Ethiopie.

Le lin attire une large gamme de ravageurs, mais la plupart ne sont pas considérés comme d'importance économique. Certains, toutefois, peuvent causer de graves dégâts si on ne lutte pas contre eux : les vers gris (*Agrotis* sp.) rongent les jeunes tiges au niveau du sol ; les acariens à pattes rouges (*Halotydeus destructor*) sucent la sève des semis, ce qui a pour résultat une moindre vigueur et dans certains cas la mort des semis ; divers pucerons causent des dégâts en se nourrissant directement de la plante ou en transmettant des maladies ; les thrips suceurs peuvent retarder la croissance et tuer la plante ; en Europe surtout, les larves d'altises (*Aphthona euphorbiae* et *Longitarsus parvulus*) endommagent les racines tandis que les adultes se nourrissent des feuilles, de la tige et des graines ; au Canada, le puceron de la pomme de terre (*Macrosiphum euphorbiae*) a commencé à s'attaquer au lin dans les années 1990, tandis que les chenilles d'*Heliothis* spp. pénètrent dans les jeunes capsules et causent d'importants dégâts dans les cultures australiennes. On les combat soit par l'emploi d'insecticides soit en semant la culture à un moment de l'année qui se situe en dehors du cycle vital du ravageur.

Divers oiseaux peuvent se nourrir des jeunes plantes et enlever le bourgeon terminal, ce qui provoque le tallage et par la suite un manque d'uniformité dans la maturation et une diminution de rendement. On recommande des mesures de lutte contre les oiseaux telles qu'épouvantails, cordes vibrantes et canons à gaz, et une mise en place rapide de la culture.

Récolte Le moment optimal pour récolter la graine de lin est celui où les capsules sont totalement mûres et virent au brun. A ce stade, les graines font un bruit de crécelle dans leur capsule, tandis que la tige et les feuilles virent au jaune. La teneur en humidité des graines décroît jusqu'à 10–15%. En Ethiopie, la récolte se fait en grande partie à la main, en coupant les tiges à la faucille. Certains agriculteurs récoltent la graine de lin en arrachant les plantes, pour employer les tiges à faire des ustensiles tels que balais, paniers, etc. Le battage se fait manuellement en battant les capsules avec des bâtons, ou en les piétinant par des bœufs ou des chevaux sur une aire de battage bien préparée. Les graines sont ensuite séparées de la balle par vannage. En Amérique du Nord, les lins à graines à courte tige sont récoltés à la moissonneuse-batteuse lorsque la graine est suffisamment sèche (<10% d'humidité) ; dans des conditions plus humides, on coupe les plantes et on les andaine pour les sécher avant la battage.

Le moment optimal pour récolter le lin textile est lorsque les tiges feuillées sont jaune-vert et les capsules encore en cours de formation ; les fibres sont alors longues et souples. Le lin récolté trop tôt et encore vert produit des fibres fines et peu résistantes. A l'inverse, s'il est trop mûr et de couleur brune à brun foncé, il fournit une fibre cassante avec une forte proportion d'étoupe. Le lin textile est normalement récolté par arrachage plutôt que par coupe, afin de préserver l'entière longueur des fibres. L'arrachage se fait à la main ou avec des arracheuses mécaniques, qui arrachent le lin et le disposent sur le sol en andains. Les capsules peuvent être enlevées lors de l'arrachage, ou bien laissées sur la plante durant le rouissage et la mise en balles, et enlevées dans l'usine de traitement. Le battage des graines se fait en général concurremment avec le teillage des fibres. Le lin industriel et le lin à double fin sont souvent récoltés avec des moissonneuses-batteuses classiques afin d'éviter le coût d'un équipement spécialisé d'arrachage et de retournage.

Rendements Les rendements moyens mon-

diaux en graines de lin oléagineux dans la période 2000–2004 ont été de près de 0,8 t/ha par an, les moyennes nationales variant considérablement, de 0,3 t/ha en Inde à 1,3 t/ha au Canada. Cependant, dans les régions tempérées fraîches, on peut atteindre jusqu'à 2,0 t/ha avec des cultivars de cycle de 140–160 jours. Le potentiel de rendement des cultivars modernes de lin oléagineux est estimé à environ 3,0 t/ha. Le rendement moyen en graines en Ethiopie est proche de 0,5 t/ha, tandis que des cultivars améliorés avec de bonnes pratiques culturales ont fourni jusqu'à 2,5 t/ha dans des zones favorables, telles que Bek'oji dans le sud-est du pays. Au Kenya, on a obtenu des rendements jusqu'à 2,3 t/ha en culture expérimentale.

Les rendements moyens mondiaux en lin textile (fibres et étoupe) se sont accrus jusqu'à environ 1,5 t/ha par an ; les rendements les plus élevés sont rapportés en République tchèque (3,3 t/ha) et en Chine (2,9 t/ha). Dans des expérimentations en Australie, on a obtenu des rendements en tiges jusqu'à 8,8 t/ha, des rendements en fibres de 1,3–2,6 t/ha et des rendements en graines de 1,6–2,2 t/ha.

Traitement après récolte Le battage des graines de lin peut se faire environ deux semaines après la récolte si les conditions atmosphériques sont sèches et venteuses, sinon on sèche les plantes jusqu'à 30 jours au soleil. Les graines peuvent être entreposées pendant une longue période dans des récipients propres dans un lieu sec et bien aéré. L'humidité optimale des graines pour un entreposage de longue durée est de 9% ou moins. Jusqu'à présent, on n'a pas signalé de ravageurs des graines de lin entreposées en Ethiopie. Les méthodes traditionnelles d'extraction de l'huile consistent à faire bouillir les graines pilées et macérées dans l'eau et à écumer l'huile qui flotte en surface. L'extraction d'huile à petite échelle dans les zones rurales a été rendue plus efficace par l'introduction de presses à vis peu coûteuses, de conception analogue aux pressoirs horizontaux des grandes huileries, actionnées à la main ou par un petit moteur diesel ou électrique.

Pour la production de fibres, le rouissage se fait le plus couramment dans le champ par un procédé appelé "rouissage à la rosée". La durée et l'uniformité de ce rouissage dépendent des conditions atmosphériques. Dans l'idéal, il faut que la récolte soit suivie par une alternance de périodes pluvieuses et sèches ; il faut une humidité suffisante pour rouir la paille, mais des pluies continues peuvent conduire à un rouissage excessif et une perte de qualité de la fibre. Pour améliorer l'uniformité du rouissage à la rosée, il est nécessaire de retourner la récolte 3–4 fois pour exposer le dessous. Lorsque le rouissage est terminé et que la récolte est sèche, on peut la botteler et l'entreposer. Il existe diverses méthodes de rouissage hors-champ qui sont plus rapides et procurent une plus grande uniformité de séparation, mais elles sont en général plus coûteuses. Les tiges séchées et rouies sont ensuite soumises au teillage ou "écangage", qui consiste à les rouler et/ou à les plier pour séparer le cœur de la tige de l'écorce. Le cœur est ensuite éliminé. Les fibres libériennes séparées sont peignées ou "sérancées", ce qui consiste à les faire passer dans une série de peignes de finesse croissante qui raclent et polissent les fibres. Les produits finaux sont le "lin sérancé", prêt pour être filé, et les "étoupes", employées pour la fabrication de papier et pour d'autres applications industrielles.

Ressources génétiques *Linum usitatissimum* a été cultivé dans de nombreuses régions du monde, et est très variable. On lui reconnaît trois centres de diversité distincts : Méditerranée et Asie occidentale, Inde, et Ethiopie. D'importantes collections de ressources génétiques sont conservées dans les principaux pays producteurs : Biodiversity Conservation and Research Institute d'Addis Abeba en Ethiopie (3110 entrées) ; Institute of Crop Germplasm Research (CAAS) de Pékin en Chine (2556 entrées) ; Institute of Food and Oil Crops de Shijiazhuang en Chine (2165 entrées) ; la Banque de gènes de Suceava en Roumanie (4910 entrées), North Central Plant Introduction Station d'Ames (IA) aux Etats-Unis (2815 entrées). D'importantes collections sont conservées également dans d'autres pays d'Europe. Depuis le début des années 1980, une prospection et une caractérisation préliminaires de lin oléagineux sont en cours en Ethiopie au Holetta Research Center en collaboration avec le Biodiversity Conservation and Research Institute. Une analyse récente de la diversité génétique de 60 entrées éthiopiennes et exotiques par des méthodes morphologiques et moléculaires a révélé la présence d'une prodigieuse diversité génétique.

Sélection Les méthodes d'amélioration génétique sont celles appliquées aux espèces autogames. La plupart des cultivars de lin oléagineux et de lin textile actuellement cultivés sont des lignées pures créées par sélection généalogique après croisement (et rétrocroisement) de génotypes ayant des caractéristiques opposées. Les objectifs de la sélection pour le lin oléagineux portent en premier lieu sur le rendement

en graines et sur la teneur en huile. La sélection pour la qualité des graines porte principalement sur la composition en acides gras, et a conduit à la mise au point en Australie et au Canada de cultivars à faible taux d'acide linolénique. Chez les cultivars créés à des fins non alimentaires, en revanche, le taux d'acide linolénique doit être élevé. La sélection pour la résistance aux maladies a conduit à des cultivars résistants à la fusariose et à la rouille. Le travail de sélection en Ethiopie s'est concentré sur l'amélioration de la résistance aux maladies, et tous les cultivars mis en circulation sont relativement résistants à la fusariose.

Parmi les cultivars bien connus de lin oléagineux, on peut citer : 'AC-Emerson' et 'McDuff' (Canada), 'Verne 93' (Etats-Unis) et les cultivars du type 'Solin' (à faible teneur en acide linolénique) 'CDC gold' et '2047'.

Parmi les cultivars utilisés en Ethiopie, on peut citer (avec l'année de diffusion) : 'CI-1525' et 'CI-1652' (1984) : maturation moyenne à tardive, bon rendement en graines, teneur en huile élevée, graines brunes, fleurs bleues, tolérant à la fusariose, à la septoriose et à l'oïdium ; 'Chilalo' (1992) : maturation moyenne à précoce, rendement élevé, teneur en huile moyenne, graines brunes, tolérant à la fusariose, à la septoriose et à l'oïdium ; 'Belay-96' (1996) : analogue à 'Chilalo' mais avec un rendement et une teneur en huile plus élevés ; 'Berene' (2001) : analogue à 'Chilalo' mais adapté aux altitudes moyennes à élevées et à plus forte teneur en huile ; 'Tolle' (2004) : maturité moyenne, fort rendement, teneur moyenne en huile, graines brun pâle, tolérant à la fusariose, à la septoriose et à l'oïdium.

Chez les lins textiles, les sélectionneurs privilégient la richesse en fibres (rapport entre le poids de fibres et le poids sec total de la tige) plutôt que le rendement en fibres, celui-ci étant fortement influencé par la conduite de la culture et par les facteurs écologiques. La qualité des fibres est particulièrement importante pour les lins à vocation textile. D'importants critères de sélection pour la qualité de la fibre sont l'homogénéité, le degré de lignification, la résistance, la finesse et l'absorption de l'eau. La sélection pour les lins à fibres industrielles peut privilégier la productivité plutôt que les caractères de qualité, étant donné la corrélation normalement négative entre ces deux caractères. D'importants efforts ont été faits par les sélectionneurs pour améliorer la résistance à la verse grâce à la raideur de la paille et à la teneur en fibres. Parmi les cultivars de lin textile importants, on peut citer : 'Ariane', 'Viking' et 'Viola' (France), 'Svetoch', 'Alexim' et 'Lenok' (Russie), 'Heiya', famille de cultivars en cours de création dans le nord-est de la Chine.

Diverses techniques de biotechnologie végétale trouvent des applications utiles en complément des techniques classiques d'amélioration des lins oléagineux et textiles, telles que la culture in vitro (explants, protoplastes, anthères, microspores), la sélection assistée par marqueurs moléculaires, la génomique et la transformation génétique.

Perspectives Après une longue période de stagnation de la production de lin textile et oléagineux, due principalement à la position dominante des fibres et des huiles siccatives synthétiques dérivées du pétrole, la demande de produits de cette espèce a crû rapidement depuis quelques années par suite de la tendance à privilégier les matières premières naturelles et non nuisibles pour l'environnement. Le lin oléagineux, d'autre part, apparaît depuis peu comme une source d'alicaments en raison de la large gamme de constituants biologiquement actifs présents dans ses graines, qui stimulent la santé et peuvent contribuer à prévenir d'importantes maladies chroniques. On s'attend dans un avenir proche à une expansion de la production mondiale de lin, tant oléagineux que textile, pour répondre à une demande croissante. Il existe dans les hautes terres d'Afrique de l'Est des conditions favorables pour une production rémunératrice de lin oléagineux.

Références principales Adefris, Getinet & Tesfaye, 1992; Adugna & Labuschagne, 2002; Adugna & Labuschagne, 2004; Adugna, Labuschagne & Hugo, 2004; Lay & Dybing, 1989; Lisson, 1989; Luhs & Friedt, 1994; Morris, 2004; Muir & Westcott (Editors), 2003; Seegeler, 1983.

Autres références Adugna & Labuschagne, 2003; Adugna & Labuschagne, 2005; Central Statistical Authority, 2001–2003; Chen & Thompson, 2003; Cui, 2001; Cullis, 2005; FAO, 2005; Fedeniuk & Biliaderis, 1994; Leeson & Caston, 2004; Maggioni et al., 2002; Oh & Cullis, 2003; Payne, 2000; Riungu, 1990; USDA, 2004; Warrand et al., 2005a; Warrand et al., 2005b.

Sources de l'illustration Seegeler, 1983.

Auteurs W. Adugna

Basé sur PROSEA 17: Fibre plants.

LOPHIRA LANCEOLATA Tiegh. ex Keay

Protologue Kew Bull. 1953: 488 (1954).
Famille Ochnaceae
Nombre de chromosomes $2n = 24$
Noms vernaculaires Méné, azobé de savane, faux karité (Fr). Dwarf red ironwood, red oak, false shea, méni oil tree (En). Mufo, mené (Po).

Origine et répartition géographique *Lophira lanceolata* est largement réparti dans la zone de savanes soudano-guinéenne depuis le Sénégal, en passant par la Centrafrique et l'extrême nord de la R.D. du Congo, jusqu'à l'Ouganda.

Usages *Lophira lanceolata* est un arbre à usages multiples. Ses graines sont consommées, mais plus couramment dans le passé que maintenant ; aujourd'hui on les utilise principalement pour en extraire une huile comestible, appelée "huile de méné". Cette huile a également des usages cosmétiques et médicinaux, et elle convient pour la fabrication de savon. Le bois est dur et lourd, et il est employé localement par ex. pour la confection de mortiers, les traverses de chemin de fer et la construction de ponts. Il est également employé pour la construction d'habitations et la fabrication d'outils agricoles et d'ustensiles ménagers. C'est un excellent bois de feu, qui brûle avec une flamme chaude et peu de fumée, et c'est aussi un bon charbon de bois. On élève sur les arbres des chenilles comestibles ; dans le nord du Cameroun, où elles sont appelées "dessi", "sankadang" ou "sélénibétéyo" dans la langue gbaya, elles sont récoltées, commercialisées et consommées par différentes tribus. Les fleurs sont odorantes et sont une importante source de miel, par ex. au Nigeria. L'écorce de l'arbre est employée en Afrique de l'Ouest comme colorant pour éviter que les ignames prennent à la cuisson une couleur foncée. A la saison sèche, le feuillage est brouté par le bétail.

En médecine traditionnelle, l'huile de méné est employée pour traiter les dermatoses, le mal de dents et la fatigue musculaire. On frotte la peau avec l'huile pour prévenir son dessèchement. L'huile mélangée à de la bouillie est donnée aux enfants comme tonique. La sève de l'arbre est employée par les Diis, Fulbes et Gbayas au Cameroun pour traiter la fatigue.

Au Mali, les racines pilées, mélangées à de la farine, sont employées pour traiter la constipation, tandis qu'une préparation faite avec ces ingrédients sert à soigner les plaies chroniques. Les femmes absorbent une potion préparée à partir des racines contre les douleurs menstruelles, les troubles intestinaux et le paludisme. L'écorce des racines et du tronc est employée contre les maladies pulmonaires. Cette écorce est également employée pour traiter les fièvres et les troubles gastro-intestinaux, et dans le sud du Nigeria l'écorce des racines est un remède contre la fièvre jaune. Les jeunes tiges et parfois les racines sont couramment employées comme bâtons à mâcher, et une infusion d'écorce est employée en Guinée, au Mali et au Nigeria en bain de bouche contre les maux de dents. Une infusion de jeunes rameaux est employée pour traiter la fièvre, les infections des voies respiratoires et la dysenterie. Des décoctions de jeunes feuilles fraîches ou séchées sont absorbées sous forme de boisson pour traiter les douleurs causées par les vers intestinaux, la dysenterie et la diarrhée chez les enfants, tandis qu'un bain de vapeur est réputé guérir la fatigue générale et les rhumatismes. La douleur causée par les vers peut aussi être traitée en mangeant de jeunes feuilles fraîches. Des décoctions de jeunes feuilles rouges sont aussi employées pour traiter les maux de tête, l'hypertension et la syphilis. Les feuilles et le bois de *Lophira lanceolata* ont une grande importance dans la culture des Diis. Les feuilles sont employées pour des danses traditionnelles, et les masques sont faits avec le bois. Les usages médicinaux sont probablement inséparables des usages cérémoniels des feuilles.



Lophira lanceolata – sauvage

Production et commerce international L'huile et autres produits de *Lophira lanceolata* ne sont commercialisés qu'à une échelle locale. Au Cameroun, le prix de détail de l'huile est de US$ 2–3 par litre.

Propriétés La composition approximative des graines sèches par 100 g est la suivante :

eau 8 g, énergie 2290 kJ (547 kcal), protéines 14 g, lipides 44 g, glucides 32 g, fibres 1 g, Ca 101 mg, P 156 mg. Les graines fournissent par extraction 40–50% d'une huile jaune inodore, semi-solide. Sa composition approximative en acides gras est la suivante : acide myristique 2%, acide palmitique 27%, acide béhénique 14%, acide lignocérique 2%, acide tétradécénoïque : traces, acide hexadécénoïque 1%, acide oléique 15%, acide linoléique 33%, acide docosénoïque 5%, acide tétracosénoïque : traces. La teneur en α-tocophérol de cette huile est élevée, et dans un essai sa teneur en acides gras non saturés est restée inchangée pendant un an. Cette huile convient pour la cuisine, et elle a des propriétés cosmétiques. Sa courbe viscosité-température la rend utile comme ingrédient de base pour des lubrifiants. Le tourteau est réputé impropre comme aliment du bétail, mais utilisable comme engrais.
L'analyse phytochimique de l'écorce a montré la présence de plusieurs flavonoïdes qui ont une certaine action antibactérienne et antivirale. Ils comprennent un groupe de biflavonoïdes apparentés appelés lophirones A–J, le biflavonoïde isombamichalcone, et le tétraflavonoïde lancéochalcone. Le bois contient les esters nitrile-hétérosides lancéoline A et B, tandis que les feuilles contiennent de la lancéolatine A et B, et en outre le benzoyl-hétéroside lancéoloside A, et l'isoflavone prénylatée lancéolone. La présence de benzamide a été signalée dans l'écorce des racines.
Le bois est rosé avec un cœur rouge, très lourd et très dur, et très durable.

Description Arbre de petite à moyenne taille atteignant 16(–24) m de haut ; fût dépourvu de branches sur une hauteur atteignant 7,5 m, rectiligne ou tortueux, jusqu'à 70 cm de diamètre ; surface de l'écorce liégeuse, grise, se détachant en écailles très grossières, écorce interne jaune à rouge brunâtre ; branches ascendantes, à cicatrices foliaires saillantes. Feuilles alternes mais groupées à l'extrémité des branches, simples et entières ; stipules linéaires-lancéolées, de 3–5 mm de long, caduques ; pétiole de 2–6 cm de long ; limbe oblong-lancéolé, de 11–45 cm × 2–9 cm, base cunéiforme, souvent asymétrique, apex arrondi et parfois émarginé, glabre, rouge ou rose vif lorsque jeune, pennatinervé à nombreuses nervures latérales, proéminentes sur les deux faces. Inflorescence : panicule terminale, pyramidale, lâche, de 15–20 cm de long, axes anguleux, sillonnés, glabres. Fleurs bisexuées, régulières, 5-mères, blanches, odorantes ; pédicelle



Lophira lanceolata – 1, rameau en fleurs ; 2, fruit. Source: Flore analytique du Bénin

de 1–1,5 cm de long, articulé près du sommet, glabre ; lobes du calice inégaux, les 2 extérieurs ovales-acuminés, de 7–8 mm × 4–5 mm, les 3 intérieurs largement ovales, d'environ 6 mm × 5 mm, obtus ; pétales libres, obcordés, d'environ 17 mm × 13 mm, glabres ; étamines nombreuses, en 3–5 verticilles ; ovaire supère, sessile, conique, d'environ 8 mm × 3 mm, 1-loculaire, style indistinct, stigmates 2. Fruit : akène conique, plus ou moins ligneux, renfermant 1 seule graine, entouré par le calice, sépales extérieurs accrescents, aliformes, inégaux, l'un de 8–10 cm × 2–2,5 cm, l'autre de 2,5–5 cm × 0,5–1 cm. Graines ovoïdes, d'environ 16 mm × 8 mm, de couleur marron, glabres. Plantule à germination hypogée.

Autres données botaniques Le genre *Lophira* comprend 2 espèces : *Lophira alata* Banks ex P.Gaertn., qui fournit un bois bien connu, l'azobé, et *Lophira lanceolata*. Ils ont une morphologie très semblable et ont souvent été confondus. Ils se différencient principalement par leur port et par leurs milieux différents. *Lophira alata* est un très grand arbre que l'on trouve dans la forêt dense, tandis que *Lophira lanceolata* est beaucoup plus petit et pousse dans la savane boisée. *Lophira lanceolata* est parfois confondu avec *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn.,

qui est le karité, lorsqu'ils ne sont pas en fleurs. Les feuilles du dernier exsudent du latex lorsqu'elles sont blessées.

Croissance et développement Les graines de *Lophira lanceolata* sont récalcitrantes. Dans un essai où leur viabilité initiale était de l'ordre de 50%, celle-ci était tombée à 5% après un entreposage de 3 mois avec un degré d'humidité de 9%. Lorsqu'on les séchait à 3% de teneur en eau, les graines ne germaient pas du tout. Les graines sont dispersées par le vent. La germination prend 3–5 semaines. Les observations sur la rapidité de croissance sont contradictoires. Dans le sud du Bénin, on indique qu'il pousse vite, tandis qu'au Cameroun la croissance initiale est signalée comme lente. L'espèce est envahissante, et on la trouve souvent en peuplements grégaires, colonisant les forêts exploitées ou dans la végétation de jachère. Elle drageonne abondamment. *Lophira lanceolata* est caducifolié, et est défeuillé pendant 3–4 semaines en octobre–décembre au Cameroun. Les arbres fleurissent à la saison sèche, avant l'apparition des nouvelles feuilles. Certaines années, il y a deux floraisons au Cameroun. Lorsque les nouvelles feuilles apparaissent, l'arbre est reconnaissable de loin à ses nouvelles feuilles rouges groupées à l'extrémité des branches.

Ecologie *Lophira lanceolata* est un arbre de la savane arborée, où on le trouve jusqu'à 1500 m d'altitude. Il pousse souvent en peuplements grégaires sur les jachères en lisière de forêt. On le trouve sur des sols moyennement lourds à sableux ou graveleux. Une fois installé, il est tolérant au feu, mais la régénération souffre de feux de brousse répétés.

Multiplication et plantation La multiplication se fait principalement par graines. Lorsqu'elles sont séchées, les semences perdent rapidement leur viabilité. On peut obtenir des semences au CNSF à Ouagadougou (Burkina Faso). Pour améliorer la croissance en pépinière, il est recommandé d'ajouter au substrat de la terre ramassée sous un arbre bien installé pour assurer le développement de champignons mycorhiziens. La multiplication par marcottes aériennes est possible. On a obtenu un pourcentage d'enracinement des marcottes de plus de 60% avec un substrat de fumier de bovin additionné d'AIB (0,8%) comme hormone de croissance. La multiplication végétative par boutures de tige est également possible.

Gestion Dans les savanes du Cameroun, on a enregistré une production annuelle de litière de 27 t/ha (poids frais).

Maladies et ravageurs Les fruits sont attaqués par des charançons (espèce inconnue) tant sur l'arbre qu'une fois tombés à terre.

Récolte Les fruits peuvent être récoltés en février-mars au Mali, et en janvier–avril au Cameroun. Dès qu'ils virent au brun, on les récolte sur l'arbre pour éviter les dégâts de charançons.

Rendements La quantité de fruits produite par arbre varie selon l'année et selon la station. Au Cameroun, la quantité moyenne de fruits par arbre est de l'ordre de 5500. Une bonne production de graines est associée avec de grandes feuilles.

Traitement après récolte Après la récolte, les fruits sont triés et séchés au soleil. Pour la production d'huile, on élimine la paroi des fruits, puis les graines sont moulues ou pilées pour en faire une pâte qui est additionnée d'eau et bouillie. L'huile qui flotte à la surface est alors écopée.

Ressources génétiques Du fait que *Lophira lanceolata* a une large répartition et est commun dans la végétation secondaire, il n'est pas menacé d'érosion génétique.

Sélection *Lophira lanceolata* est une essence potentiellement importante pour l'agroforesterie dans les savanes soudano–guinéennes. Il a été choisi par l'université de Ngaoundéré au Cameroun pour un vaste programme de domestication en vue de l'introduire dans les jardins familiaux.

Perspectives *Lophira lanceolata* est une importante espèce alimentaire et médicinale dans les régions de savane, et pourrait bien devenir un arbre à usages multiples important pour l'agroforesterie. Les recherches en vue de sa domestication devront explorer les possibilités de l'exploiter non seulement pour l'huile, mais aussi pour les chenilles comestibles, le miel, les usages médicinaux, le fourrage et le bois d'œuvre.

Références principales Arbonnier, 2000; Bamps & Farron, 1967; Burkill, 1997; Eyog Matig et al. (Editeurs), 2006; Leung, Busson & Jardin, 1968; Malgras, 1992; Mapongmetsem, 2005a; Mapongmetsem, 2005b; Tchiégang-Megueni et al., 2001.

Autres références Adamou Baloka, 2000; Bouitang, 1998; Dumaine et al., 2002; Eromosele & Paschal, 2003; Eromosele & Eromosele, 1993; Eromosele et al., 1994; Ghogomu Tih et al., 1994; Irvine, 1961; Keay, 1954b; Mapongmetsem, Motalindja & Nyomo, 1998; Mapongmetsem et al., 1997; Mapongmetsem et al., 1998; Pegnyemb et al., 1998; Persinos & Guim-

by, 1968; Piot, 1970; Sanon et al., 2005; Satabié, 1982; Yonkeu, Mapongmetsem & Ngassoum, 1998.

Sources de l'illustration Akoègninou, van der Burg & van der Maesen, 2006.

Auteurs P.-M. Mapongmetsem

MORINGA DROUHARDII Jum.

Protologue Ann. Inst. Bot.-Géol. Colon. Marseille sér. 4, 8: 15 (1930).

Famille Moringaceae

Origine et répartition géographique *Moringa drouhardii* est endémique de la province de Toliara, dans le sud-ouest de Madagascar, où il est présent à l'état sauvage et planté. Il est également planté dans d'autres endroits sur la côte Ouest.

Usages Les graines donnent une huile utilisée comme base en cosmétologie et comme huile médicinale de massage. L'écorce et le bois, très parfumés, s'emploient dans le traitement des rhumes et de la toux. L'arbre est souvent planté en limite de champ.

Propriétés L'huile est inodore, sans saveur et ne rancit pas au stockage, ce qui en fait une excellente base en parfumerie et en pharmacologie. Elle s'utilisait jadis comme huile-base dans l'enfleurage, pour extraire les composés volatils odorants des fleurs. Les graines contiennent 36–45% d'huile ; la composition approximative en acides gras de l'huile est : acide palmitique 8%, acide stéarique 9%, acide oléique 74%, acide linoléique 1%, acide arachidique 3%, acide béhénique 3%.

Botanique Petit arbre caducifolié, atteignant 10(–18) m de haut, à fût renflé et à branches courtes vers le sommet ; écorce blanchâtre, contenant de la résine. Feuilles alternes, 3-pennées ; stipules absentes ; pétiole de 10–15 cm de long, pétiole des pennes de 2–3 cm de long, pétiolules de 3–4 mm de long, tous glabres et pourvus de glandes à la base ; folioles opposées, ovales à oblongues, de 15–30 mm × 5–12 mm, base cunéiforme, apex aigu, glabres, vert vif. Inflorescence : panicule axillaire lâche, à nombreuses fleurs, atteignant 30 cm de long. Fleurs bisexuées, régulières, 5-mères, blanc jaunâtre ; pédicelle atteignant 2 mm de long ; sépales libres, obovales, de 5–6 mm × c. 2 mm, rétrécis vers la base, apex arrondi, glabres ; pétales libres, ovales, de 7–10 mm × environ 2 mm, apex incurvé, glabrescents à l'extérieur, légèrement poilus à poils courts à l'intérieur ; étamines 5, libres, de 6–8 mm de long, poilues, alternant avec 5 staminodes d'environ 4 mm de long ; ovaire supère, stipité, ovoïde, d'environ 1,5 mm de long, 1-loculaire, style mince, de 3–4 mm de long. Fruit : capsule allongée de 30–50 cm de long, un peu trigone, rétrécie entre les graines, pourvue d'un bec, glabre, déhiscente par 3 valves. Graines trigones à ovoïdes, de 2–2,5 cm × environ 2 cm, blanchâtres, glabres.

La croissance des jeunes arbres est très rapide, ce qui permet à *Moringa drouhardii* d'occuper des espaces ouverts en forêt. En culture, il croît à raison de plus de 1 m par an. L'arbre commence à avoir des fruits 3 ans après la plantation, lorsqu'il atteint 3–4 m de haut.

Le genre *Moringa* comporte 13 espèces, dont 8 sont endémiques de la Corne de l'Afrique et 2 de Madagascar. *Moringa oleifera* Lam. est originaire d'Asie tropicale, mais a été introduit dans toutes les régions tropicales ; il s'est naturalisé dans de nombreux pays africains, dont Madagascar. Ses fruits sont utilisés comme légume.

Ecologie Le milieu naturel est la forêt très sèche. Les précipitations peuvent ne pas dépasser 200 mm par an et être très incertaines. Les années entièrement sans pluie ne sont pas rares. *Moringa drouhardii* est présent sur sols calcaires.

Gestion La multiplication par graines est simple. On les sème en pépinière, sur sol fertile. Pendant la saison sèche, les plants peuvent être repiqués au champ sans irrigation, même dans les endroits secs à sol pauvre.

Ressources génétiques et sélection *Moringa drouhardii* reste assez commun dans son milieu naturel et il est couramment planté. Il ne semble être ni en danger ni vulnérable.

Perspectives Les qualités excellentes de l'huile pour les produits cosmétiques et médicinaux, et l'adaptation de l'espèce à des conditions très sèches méritent un approfondissement des recherches, afin d'explorer les possibilités de domestication et une utilisation dans des filières à petite échelle.

Références principales de Saint Sauveur, 2001; Delaveau & Boiteau, 1980; Keraudren, 1965; Keraudren-Aymonin, 1982; Olson & Carlquist, 2001.

Autres références Jahn, Musnad & Burgstaller, 1986.

Auteurs E. Munyanziza

MORINGA PEREGRINA (Forssk.) Fiori

Protologue Agric. Colon. 5: 59 (1911).
Famille Moringaceae
Synonymes *Moringa aptera* Gaertn. (1791).
Noms vernaculaires Ben blanc, moringa aptère, arbre à noix de ben (Fr). Ben tree, wispy-needled yasar tree, wild drum-stick tree (En).

Origine et répartition géographique *Moringa peregrina* est présent à l'état sauvage dans les pays arides ou semi-arides bordant la mer Rouge, depuis la Somalie et le Yémen jusqu'en Israël, et au-delà jusqu'en Syrie. En Afrique tropicale, on signale sa présence au Soudan, en Ethiopie, en Erythrée, à Djibouti et en Somalie. Il a été signalé en Iran et au Pakistan, mais sa présence dans ces pays demande confirmation.

Usages Le principal produit dérivé de *Moringa peregrina* est l'huile des graines, que l'on appelle "huile de ben". Son utilisation remonte à l'Antiquité et il en est déjà question dans les textes égyptiens anciens et dans la Bible. Cette huile est utilisée en cuisine, dans les produits cosmétiques et en médecine. Au Yémen, elle sert de lubrifiant pour les petites machines. Les graines sont également utilisées comme coagulant pour purifier l'eau, au Soudan par exemple. Dans le sud du Soudan et au Yémen, *Moringa peregrina* est une plante mellifère et ses feuilles servent de fourrage. Ses graines sont employées en médecine au Proche-Orient et au Soudan. On utilise l'huile pour traiter les douleurs abdominales. Le tubercule de la plante jeune se consomme au Yémen et à Oman. La plante est cultivée comme ornementale en Arabie saoudite et au Proche-Orient. Le bois se ramasse comme combustible dans le sud du Sinaï, mais de nos jours il s'est raréfié.



Moringa peregrina – sauvage

Production et commerce international On ignore les quantités d'huile de ben produite à partir de *Moringa peregrina*, mais il semble qu'elles connaissent une baisse. L'huile produite est destinée principalement à l'autoconsommation ou aux marchés locaux.

Propriétés La graine de *Moringa peregrina* contient environ 50% d'huile. Cette huile ressemble à celle extraite des graines de *Moringa oleifera* Lam. Sa composition approximative en acides gras est : acide palmitique 9%, acide stéarique 4%, acide arachidique 2%, acide béhénique 2%, acide oléique 71%, acide linoléique 1%, et acide gadoléique 2%. L'huile contient des stérols (campestérol, stigmastérol et β-sitostérol) et des tocophérols (α-, γ-, et δ-tocophérol). Les propriétés purificatrices d'eau de la graine sont le fait d'une protéine qui coagule les particules dispersées.

Falsifications et succédanés Les huiles de *Moringa peregrina*, de *Moringa stenopetala* (Baker f.) Cufod., et de *Moringa oleifera* portent toutes le nom d' "huile de ben" et peuvent se substituer. Mais c'est l'huile de *Moringa oleifera* qui est la plus couramment employée.

Description Arbuste ou petit arbre atteignant 10 m de haut, à rhizome tubérisé ; fût atteignant 40 cm de diamètre ; écorce grise, gris-violet ou brun vif ; cime ovoïde ; rameaux cylindriques, élancés, jeunes tiges gris-blanc ou bleu-vert cireux ; ramilles cassantes. Feuilles alternes, en bouquets à l'extrémité des rameaux, de 15–40 cm de long, 2-pennées, à 2–5 paires de pennes ; folioles opposées ou alternes, obovales, oblancéolées ou spatulées, de 3–20(–35) mm × 2–10(–13) mm, base cunéiforme à arrondie, apex arrondi ou émarginé, grises ou vert cireux. Inflorescence : panicule axillaire lâche, fortement ramifiée, de 18–30 cm de long. Fleurs bisexuées, légèrement zygomorphes, 5-mères, blanches à cœur violet ou colorées de rose, parfois parfumées ; pédicelle de 2–9 mm de long, articulé ; sépales libres, oblongs à lancéolés, de 7–9 mm × 1,5–3 mm, acuminés, poilus sur les deux faces ; pétales libres, étroitement oblongs, obovales ou spatulés, de 8–15 mm × 2–5 mm, poilus à l'intérieur ; étamines 5, libres, de 4,5–7 mm de long, alternant avec 5 staminodes de 4–5 mm de long ; ovaire supère, courtement stipité, cylindrique, poilu, 1-loculaire, style mince. Fruit : capsule allongée de (10–)32–39 cm × (1–)1,5–1,7 cm, un peu trigone, légèrement rétrécie entre les graines, pourvue d'un bec, glabre, déhiscente à 3 valves. Graines globuleuses à ovoïdes ou trigones, de



Moringa peregrina – 1, feuille ; 2, inflorescence ; 3, fruit.
Redessiné et adapté par Achmad Satiri Nurhaman

10–12 mm × 10–12 mm, brunes.

Autres données botaniques *Moringa* est le seul genre des *Moringaceae*, famille apparentée aux *Brassicaceae*. Il comporte 13 espèces, dont 8 sont endémiques de la Corne de l'Afrique et 2 de Madagascar.

Croissance et développement Les jeunes semis ont de larges folioles et forment un gros tubercule. Au cours de nombreuses saisons sèches, la pousse dépérit jusqu'au tubercule en dessous du niveau du sol. Au fur et à mesure que la plante vieillit, la tige devient définitive et les feuilles s'allongent peu à peu, tandis que les folioles rapetissent et s'espacent. Les arbres adultes produisent des feuilles entièrement garnies de petites folioles, qu'elles perdent malgré tout lorsque la feuille arrive à maturité. Cependant, les axes foliaires dénudés demeurent, ce qui confère à l'arbre un aspect hirsute comme celui des *Tamarix* spp.

Ecologie *Moringa peregrina* pousse sur les pentes rocailleuses des oueds et des torrents à sec, jusqu'à 850 m d'altitude dans les savanes boisées à *Acacia-Commiphora*, parfois sur la roche presque nue, avec un système racinaire fortement réduit.

Multiplication et plantation Il y a eu des essais de plantation de *Moringa peregrina* au Soudan. Aussi bien les graines que les boutures peuvent servir à le multiplier en pépinière. Une exposition à l'ensoleillement direct et des températures élevées ont limité la croissance des semis. Un repiquage de semis âgées de 5 mois a donné de bons taux de survie. Des rameaux de 1–1,5 m de long utilisés comme boutures ont donné de bons résultats. Qu'il soit issu de graines ou de boutures, *Moringa peregrina* pousse rapidement : une croissance annuelle de 3–4 m de haut n'est pas inhabituelle lorsqu'il dispose d'assez d'humidité. Les premiers fruits sont produits environ 3 ans après la plantation.

Gestion Un écimage ou une taille après la récolte sont recommandés pour favoriser la ramification. Cela augmente la production de fruits et facilite la récolte car l'arbre reste à une hauteur gérable.

Récolte Les graines se récoltent dans la nature.

Rendements Un seul arbre peut produire jusqu'à 1000 fruits par an.

Traitement après récolte Les méthodes traditionnelles d'extraction de l'huile auxquelles les Bédouins ont recours sont très simples, mais les rendements en huile sont faibles. Après avoir écrasé les graines, ils y ajoutent de l'eau et les ébouillantent. Ils laissent reposer le mélange toute une nuit pour permettre à l'huile de surnager, et ils la recueillent à la surface. Il existe une méthode plus évoluée qui consiste à broyer les graines, à y ajouter un peu d'eau et à faire chauffer le mélange doucement pendant 10–15 minutes. Puis l'huile est extraite à l'aide d'une presse à vis ou d'une presse hydraulique.
Pour la purification de l'eau, on réduit les graines en une pâte. Cette pâte est mise dans une bouteille avec de l'eau. On secoue le mélange pendant 5 minutes pour activer la protéine. On tamise alors le mélange, et la solution est ajoutée à l'eau trouble. On remue lentement pendant 20 minutes, et de fines particules, y compris des bactéries, coagulent, coulent et se déposent au fond. Au bout d'une heure, on peut soutirer l'eau purifiée.

Ressources génétiques Malgré les préoccupations suscitées par le déclin de ses peuplements, en particulier dans les endroits où on le ramasse pour le bois de feu, *Moringa peregrina* ne figure pas sur la liste rouge 2006 de

l'UICN. Il est en danger dans le Sinaï, en Egypte. Les efforts visant à restaurer la végétation locale en réintroduisant les espèces dominantes, notamment *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne, ont également entraîné l'augmentation du nombre d'arbres de *Moringa peregrina*. *Moringa peregrina* fait partie des espèces conservées dans une banque de gènes au champ de plantes fourragères à Oman.

Perspectives Il est nécessaire de protéger *Moringa peregrina* et son milieu vulnérable. L'exploitation ininterrompue de ses graines pour la production d'huile et la purification de l'eau nécessitent sa domestication et sa culture. Les premiers résultats des expérimentations réalisées dans ce but sont prometteurs.

Références principales Jahn, 1986a; Jahn, 1986b; Jahn, Musnad & Burgstaller, 1986; Keraudren, 1965; Moustafa et al., 1998; Olson, 2002; Somali, Bajneid & Al-Fhaimani, 1984; Thulin, 1993; Tsakis, 1998; Verdcourt, 2000.

Autres références Batanouny, 1999; Fahn, Werker & Baas, 1986; Ibrahim et al., 1974; Olsen, 1999; Olson, 2003; Olson & Carlquist, 2001; Verdcourt, 1965.

Sources de l'illustration Zohary, 1966.

Auteurs E. Munyanziza & K.A. Yongabi

OLEA EUROPAEA L.

Protologue Sp. pl. 1 : 8 (1753).

Famille Oleaceae

Nombre de chromosomes $2n = 46$

Noms vernaculaires Olivier (Fr). Olive (En). Oliveira (Po). Mzeituni, mzaituni (Sw).

Origine et répartition géographique L'olivier est un arbre caractéristique du Bassin méditerranéen. L'olivier méditerranéen sauvage ou oléastre (*Olea europaea* subsp. *europaea* var. *sylvestris* (Mill.) Lehr) est un élément typique de la végétation arbustive méditerranéenne, et il est considéré comme l'ancêtre le plus probable de l'olivier cultivé (*Olea europaea* subsp. *europaea* var. *europaea*). Sa première domestication date des anciennes civilisations de la Méditerranée orientale et du Proche-Orient. L'ancienneté de la culture de l'olivier est attestée par des preuves archéologiques datant du IVe millénaire avant J.-C. Au cours du premier millénaire avant J.-C., les Phéniciens et les Grecs ont particulièrement contribué à l'expansion de sa culture autour du Bassin méditerranéen. Au temps de l'Empire romain du IIe siècle après J.-C., l'huile d'olive était l'un des produits les plus importants pour l'économie. La culture de l'olivier s'est répandue vers l'est, vers le nord-ouest de l'Inde et le Caucase. La culture de l'olivier fut introduite dans le Nouveau Monde (Pérou, Chili, Argentine, Mexique et Etats-Unis (Californie)) aux XVI–XVIIIe siècles par les Espagnols, en Australie et en Afrique du Sud par les immigrants italiens et grecs, et au Japon et en Chine au XIXe siècle à partir de la France. Cependant, environ 97% des 850 millions d'oliviers recensés dans le monde poussent en région méditerranéenne. En Afrique tropicale, il se développe en Namibie une petite filière d'olives de table.

L'olivier africain sauvage (*Olea europaea* subsp. *cuspidata* (Will. ex G.Don) Cif.) se rencontre en Afrique centrale, en Afrique de l'Est et en Afrique australe, ainsi que dans les îles de l'océan Indien. Il est présent également en Arabie et depuis le sud-ouest de l'Asie jusqu'en Chine.



Olea europaea – sauvage

Usages Le principal produit de l'olivier est l'huile comestible extraite du mésocarpe (pulpe) du fruit. Cette huile est utilisée pour la cuisson, les assaisonnements et la conservation de denrées alimentaires. Elle est particulièrement appréciée pour sa saveur spécifique et ses effets bénéfiques supposés pour la santé, en raison de sa forte concentration en acides gras mono-insaturés et en anti-oxydants polyphénoliques. L'huile d'olive de catégorie inférieure est utilisée pour fabriquer du savon, des produits de beauté et des lubrifiants. En parfumerie, l'huile d'olive est un bon support pour les huiles essentielles, malgré sa viscosité. Traditionnellement, l'huile d'olive a de nombreuses applications pharmaceutiques et a été utilisée comme huile d'éclairage, ainsi que pour le traitement des laines.

Les fruits sont transformés en olives de table

noires ou vertes entières, souvent avec addition de condiments divers. Elles sont parfois dénoyautées, et alors fourrées de poivron ou d'anchois. On les coupe en tranches, on les hache ou on les réduit en pâte, comme la "tapenade" du sud de la France. Elles sont consommées en apéritif ou utilisées en cuisine. Le tourteau obtenu après pressage ne convient pas à l'alimentation animale, mais il est utilisé comme combustible ou engrais. Les feuilles fournissent de l'aliment pour le bétail et, en Tanzanie, elles sont utilisées en brasserie. Le bois a de la valeur, il est dur et plutôt durable, mais il est rarement disponible en coupes de grandes dimensions. Il est utilisé pour fabriquer des articles tournés et des meubles, et il est très apprécié pour des objets d'artisanat ; les pièces de plus grandes dimensions permettent de fabriquer des parquets ou des traverses de chemin de fer. Les Masaïs de l'Afrique de l'Est utilisent ce bois pour fabriquer des gourdins et des piliers pour leurs habitations. Il constitue un excellent bois de feu et produit du charbon de bois de bonne qualité.

Les feuilles ont longtemps été utilisées pour nettoyer les blessures. Elles sont utilisées pour diminuer la pression sanguine et pour améliorer le fonctionnement du système circulatoire. Elles se prennent comme diurétique léger et peuvent être utilisées pour traiter les cystites. Comme elles ont également la propriété de diminuer le taux de sucre dans le sang, les feuilles ont été utilisées pour traiter le diabète. L'huile est traditionnellement consommée avec du jus de citron, à raison d'une cuillérée à thé, pour traiter les calculs biliaires.

Les oliviers sont plantés en tant qu'arbres ornementaux, coupe-feu ou pour lutter contre l'érosion des sols.

Production et commerce international La production mondiale moyenne d'huile d'olive pour la période 2002–2005 s'est élevée à 2,5 millions de t/an, en provenance presque intégralement de la région méditerranéenne. Le cycle bisannuel de la fructification de l'olivier et les variations des conditions météorologiques entraînent de considérables fluctuations de la production mondiale annuelle (2,1–2,9 millions de t). La superficie totale plantée en oliviers est estimée à 8,1 millions d'ha dans 25 pays. Les principaux pays producteurs d'huile d'olive sont : l'Espagne (32%), l'Italie (23%), la Grèce (14%), la Turquie (8%), la Tunisie (5%), la Syrie (5%), le Maroc (3%), l'Egypte (2%), le Portugal (2%) et l'Algérie (1%), qui représentent 95% de la production mondiale. Environ 600 000 t par an alimentent le marché international des huiles végétales ; l'Union européenne et les Etats-Unis sont les principaux importateurs d'huile d'olive. L'huile d'olive obtient des prix bien plus élevés que les autres huiles de table.

Les 1,1 millions de t d'olives de table produites annuellement représentent environ 8% de la production totale d'olives. L'Espagne est le plus important producteur d'olives de table (25%), suivie par les Etats-Unis (14%), la Turquie, le Maroc, la Syrie, la Grèce et l'Italie (6–9% chacun). Dans le Bassin méditerranéen, les olives de table sont commercialisées par des vendeurs spécialisés qui en proposent une grande variété.

Propriétés Les olives mûres pèsent 2–12 g. Elles se composent du mésocarpe (70–90%), de l'endocarpe ou noyau (9–29%) et de la graine (1–3%). La composition du mésocarpe par 100 g de partie comestible fraîche est : eau 60–70 g, protéines brutes 1–2 g, lipides 15–30 g, glucides 3–6 g, cellulose 1–4 g, composés phénoliques 1–3 g, cendres et autres substances 1–3 g. La composition en acides gras de l'huile est : acide palmitique 7,5–20%, acide palmitoléique 0,3–3,5%, acide stéarique 0,5–5%, acide oléique 55–83%, acide linoléique 3,5–20%, acide linolénique 0–1,5%, acide arachidique 0,1–0,6% et traces d'acide gadoléique, d'acide béhénique et d'acide lignocérique. Les effets anti-oxydants de ses composés phénoliques (50–400 ppm) et sa forte teneur en acide oléique procurent à l'huile d'olive une stabilité exceptionnelle, même quand elle est utilisée en friture. Les deux catégories principales d'huile d'olive sont : l'huile d'olive pressée à froid ou huile d'olive vierge et l'huile d'olive raffinée. L'huile d'olive vierge est l'une des rares huiles végétales qui soit commercialisée et consommée sans aucun raffinage, et qui conserve ainsi intégralement sa teneur en composés secondaires. C'est principalement l'oleuropéine, avec d'autres composés phénoliques, qui est responsable de l'intense amertume des olives, du noircissement du fruit et de l'inhibition des micro-organismes lors de la transformation. Les premières étapes de traitement des fruits réduisent considérablement l'amertume des olives de table.

Le bois de cœur est brun jaunâtre à brun rougeâtre, avec des stries sombres ; il est démarqué de l'aubier jaune pâle. Le bois est lourd et dur, huileux au toucher. Le fil est droit ou légèrement ondé, le grain est fin et homogène. A 12% d'eau, la densité est supérieure à 1150 kg/m³. Le bois sèche assez lentement, avec un taux de retrait élevé et un fort gauchissement.

Les taux de retrait du bois vert au bois de 12% de teneur en eau sont d'environ 4,5% radialement et de 6,5% tangentiellement. Ce bois est difficile à travailler en raison de sa dureté, et son effet désaffûtant est rapide. Il peut être tourné et raboté si ces traitements sont effectués avec soin. Il procure une belle finition. Sa durabilité naturelle est élevée, mais il est assez sensible aux termites et aux foreurs. Le bois de cœur et ses extraits aqueux sont fluorescents.

Description Arbre sempervirent pouvant atteindre 20 m de haut ou arbuste très ramifié pouvant atteindre 5 m de haut ; système racinaire étendu dont les racines principales s'épaississent par fasciation ; fût souvent cannelé ou tordu, atteignant 100(–200) cm de diamètre, à la base avec des protubérances (sphéroblastes) portant des racines latérales additionnelles ; écorce rugueuse, longitudinalement fissurée, grise à brun foncé ; cime à branches étalées, jeunes branches carrées, blanchâtres, épineuses, à nombreuses lenticelles. Feuilles opposées, simples et entières, sans stipules ; pétiole jusqu'à 1,5 cm de long ; limbe elliptique à lancéolé, de 3–9 cm × 0,5–3 cm, cunéiforme à la base, aigu à l'apex, coriace, vert-gris sombre et glabre sur le dessus, portant des écailles denses et argentées sur le dessous, pennatinervé. Inflorescence : panicule axillaire, de 3–8 cm de long, contenant de nombreuses fleurs. Fleurs bisexuées, régulières, 4-mères, odorantes ; pédicelle court ; calice en coupe à lobes largement triangulaires, persistant dans le fruit ; corolle d'environ 2,5 mm de long, blanche, avec un tube court et 4 lobes elliptiques ; étamines 2, filets courts, grandes anthères ; ovaire supère, 2-loculaire, style court, stigmate à 2 lobes. Fruit : drupe globuleuse à ellipsoïde de 0,5–4(–6) cm × 0,5–2,5 cm, vert brillant, virant au noir-pourpre, au brun-vert ou au blanc-ivoire à maturité, mésocarpe riche en huile ; endocarpe dur, contenant généralement 1 graine. Graines ellipsoïdes, de 9–11 mm de long avec un embryon droit et un albumen abondant. Plantule à germination épigée.



Olea europaea – 1, rameau en fleurs ; 2, fleur ; 3, fruits ; 4, fruit du type cultivé ; 5, fruit du type cultivé en coupe longitudinale.
Redessiné et adapté par Achmad Satiri Nurhaman

Autres données botaniques Le genre *Olea* se compose de 33 espèces, dont la plupart se rencontrent en Afrique de l'Est et en Afrique australe, ainsi qu'en Asie tropicale. Dans le complexe *Olea europaea*, 6 sous-espèces, dont l'une comporte 2 variétés, se différencient par leurs caractères morphologiques et leur répartition géographique :

– subsp. *europaea* var. *europaea*, l'olivier cultivé.
– subsp. *europaea* var. *sylvestris* (Mill.) Lehr., l'oléastre du Bassin méditerranéen.
– subsp. *cuspidata* (Wall. ex G.Don) Cif. (synonymes : *Olea africana* Mill., *Olea chrysophylla* Lam., *Olea europaea* subsp. *africana* (Mill.) P.S.Green), l'olivier sauvage le plus largement répandu en Afrique tropicale.
– subsp. *laperrinei* (Batt. & Trab.) Cif., olivier sauvage endémique des montagnes du Sahara.
– subsp. *maroccana* (Greut. & Burdet) P.Vargas, olivier sauvage se rencontrant dans les montagnes de l'Atlas au Maroc.
– subsp. *cerasiformis* G. Kunkel & Sunding, olivier sauvage de Madère.
– subsp. *guanchica* P.Vargas, J.Hess, F.Muñoz Garmendia & J.Kadereit, olivier sauvage des îles Canaries.

Les types sauvages se distinguent des oliviers cultivés par des fruits plus petits (5–12 mm de long), un mésocarpe huileux moins épais et un port souvent plus dense, très ramifié et épineux. Bien qu'une récente recherche moléculaire basée sur les polymorphismes de l'ADN chloroplastique et mitochondrial ait permis de confirmer la considérable diversité génétique

entre les taxa, ils sont largement interfertiles et les types sauvages constituent un pool génique de valeur pour l'amélioration de l'olivier cultivé, en ce qui concerne par ex. la résistance aux maladies et aux ravageurs ou l'adaptation à de nouveaux milieux.

Plus de 2000 cultivars sont connus ; en fonction de leurs usages, ils sont classés en trois groupes :

- Cultivars destinés à l'extraction d'huile, par ex. 'Picual', 'Arbequina' et 'Blanqueta' en Espagne ; 'Frantoio' et 'Leccino' en Italie et 'Koroneiki' en Grèce.
- Cultivars destinés à produire des olives de table, par ex. 'Gordal Sevillana' et 'Manzanilla de Sevilla' en Espagne, 'Conservolea', 'Kalamata' et 'Chaldiki' en Grèce, 'Picholine du Languedoc' en France, 'Manzanillo' et 'Mission' aux Etats-Unis et 'Oliva di Spagna' et 'Oliva di Cerignola' en Italie.
- Cultivars à deux objectifs (extraction d'huile et consommation des fruits), par ex. 'Hojiblanca', 'Manzanilla Cacereña' et 'Aloreña' en Espagne, 'Tanche' en France, 'Picholine marocaine' au Maroc, 'Dan' en Syrie et 'Arauco' en Argentine.

Croissance et développement Pratiquement tous les oliviers cultivés dans le monde sont des cultivars clonaux. Les graines germent en 25–50 jours après le semis, mais la viabilité des graines des oliviers cultivés est en général faible. Les plants d'olivier issus de semis ont une phase juvénile distincte de 4–9 ans et sont caractérisés par une forte croissance végétative et une ramification abondante. Les plants issues de boutures possèdent un port plus adulte, avec des ramifications monopodiales ; ils peuvent commencer leur floraison en 3–7 ans après leur plantation au champ. Les feuilles vivent 2–3 ans. La floraison se produit annuellement au printemps, sur la partie des branches de la saison précédente, avec 50–80% des aisselles de feuilles développant des inflorescences. La pollinisation par le vent et la fécondation croisée sont la règle, en raison de l'auto-incompatibilité. Même sous des conditions optimales de pollinisation et de nouaison, seuls 1–5% des fleurs se développeront en fruits matures, en raison d'une importante abscission physiologique précoce (pouvant atteindre 50%) et tardive des fruits, du stress hydrique, des maladies et des ravageurs. Lors des années de floraison abondante, cette faible nouaison permet cependant d'obtenir une bonne récolte. L'olivier a un cycle fortement bisannuel, car une forte charge en fruits une année inhibe la croissance des pousses nécessaires à la formation des rameaux porteurs de fruits l'année suivante, et réciproquement. La croissance des olives dure 6,5–7 mois de l'anthèse à la récolte, les 20–40 derniers jours étant essentiels pour la formation de l'huile dans le mésocarpe.

La durée de vie commerciale d'un olivier est d'environ 50 ans, mais certains arbres peuvent devenir très vieux (plusieurs centaines d'années). Les vieux arbres sont très souvent creux, car, généralement, le bois attaqué par les champignons a été coupé de manière répétée durant leur vie. Les vieux arbres noueux sont souvent tordus et penchés, ce qui leur procure une apparence étrange : un vieux cylindre creux, gris, tordu, noueux et penché portant de jeunes pousses vertes, abondantes et fraîches.

Ecologie L'olivier est bien adapté au climat relativement sec et à saisons marquées de la région méditerranéenne. La culture de l'olivier est circonscrite à 30–45° de latitude dans l'hémisphère Nord comme dans l'hémisphère Sud, du niveau de la mer jusqu'à 900 m d'altitude sur pentes exposées au sud (à plus de 1200 m en Argentine). Le gel printanier peut endommager les jeunes pousses et les fleurs, et le gel à la fin de l'automne les fruits en cours de maturation. Les oliviers sont assez résistants au gel en hiver et tolèrent des températures de −8°C à −12°C. L'initiation florale requiert, pour la plupart des cultivars d'olivier, une période de vernalisation de 6–11 semaines à une température inférieure à 9°C, qui se termine 40–60 jours avant l'anthèse. Les températures optimales pour la croissance des pousses et la floraison se situent à 18–22°C. Des températures supérieures à 30°C au printemps peuvent endommager les fleurs, mais l'arbre peut supporter de plus hautes températures en été. La physiologie xérophyte des oliviers les rend hautement tolérants aux longues périodes de stress hydrique, mais pour obtenir des rendements corrects d'un point de vue économique, une pluviométrie faible et irrégulière (inférieure à 300 mm) doit être compensée par l'irrigation lors des stades critiques de croissance afin d'atteindre 500–800 mm par an.

Les sols doivent être de texture légère (moins de 20% d'argile), bien drainés et d'une profondeur d'au moins 1,5 m. Les oliviers poussent bien sur des sols très pauvres, sauf s'ils sont gorgés d'eau, salins ou trop alcalins (pH supérieur à 8,5).

En Afrique tropicale, l'olivier sauvage se rencontre dans les forêts montagneuses, les forêts

pluviales et les savanes arborées, à 1000–3150 m d'altitude. Il se trouve souvent sur les versants caillouteux des collines, les lisières des forêts et le long des cours d'eau à sec ; il se rencontre parfois en peuplements presque purs.

Multiplication et plantation La méthode principale de multiplication de l'olivier est l'enracinement de boutures semi-ligneuses préparées à partir de branches âgées d'un an (10–12 cm de long avec 4–5 nœuds et deux paires de feuilles). La multiplication par graines est possible mais produit des plants variables à cause de l'allogamie. Les graines sont surtout utilisées en sélection. La micropropagation in vitro des explants d'oliviers n'a pas encore dépassé le stade expérimental, entre autres en raison de fortes variations dans les taux de succès entre les différents cultivars. L'embryogenèse somatique est très difficile à réaliser à partir de tissus adultes et elle ne peut être utilisée pour la multiplication. Les méthodes traditionnelles de multiplication clonale sont : boutures semi-ligneuses de grande taille, greffe sur arbres francs de pied jeunes ou matures, greffe sur oléastre, et enracinement de fragments de souchets portant une pousse. Les souchets peuvent également être utilisés pour la régénération in situ de très vieux oliviers.
Les plants issus de boutures enracinées sont cultivés sur planches ou en sachets de polyéthylène en pépinière pendant 1,5–2 ans, avant d'être plantés au champ au printemps. Ils sont plantés dans des trous de grande taille (40 cm × 40 cm × 60 cm) qui sont ensuite comblés à l'aide de sol de surface, de compost et d'engrais, particulièrement P et K. La densité des plantes varie traditionnellement de 40–60 arbres/ha dans les zones très sèches à 300–400 arbres/ha lorsque les conditions pédologiques et de disponibilité en eau (plus de 600 mm) sont optimales et lorsqu'il s'agit de cultivars à port compact et érigé. Des essais de terrain mettant en œuvre des oliveraies de forte densité (atteignant 2000 arbres/ha plantés en haies) sont en cours en Espagne et en France. La plupart des oliveraies de la région méditerranéenne ont des densités traditionnelles de 100–250 arbres/ha. Sur les terrains en pente, la culture doit se pratiquer le long des courbes de niveau ou en terrasses, afin d'éviter l'érosion du sol. Des céréales et des légumineuses ont été utilisées comme cultures intercalaires dans les oliveraies.

Gestion L'olivier doit être taillé pour donner à sa structure et à sa cime la forme requise, maintenir un bon équilibre entre la croissance végétative et la production de fruits, et ainsi réduire le cycle bisannuel et régénérer les arbres sénescents. Il existe une longue tradition de taille manuelle et certaines méthodes sont purement régionales. La taille mécanique se pratique dans les oliveraies modernes, mais elle requiert une adaptation de la forme de l'arbre et une conduite soigneuse pour éviter d'endommager les branches, ce qui entraînerait des maladies.
Une fertilisation régulière est nécessaire pour obtenir une production de fruits soutenue, mais le type et la quantité d'engrais varient en fonction du climat, du sol et des pratiques agronomiques. L'analyse foliaire donne des informations sur l'état nutritionnel des oliviers. La quantité de nutriments prélevée par 3 t de fruits se chiffre à environ 19 kg N, 9 kg P_2O_5 et 25 kg K_2O. Les recommandations générales en matière de fertilisation sont donc : épandage annuel de 0,8 kg N (en 2–3 applications fractionnées), 0,3 kg P_2O_5 et 0,9 kg K_2O par arbre, pour une densité de plantation moyenne (150 arbres/ha). Ceci correspond à 120 kg N, 45 kg P_2O_5 et 135 kg K_2O par ha. Des corrections ponctuelles des carences en calcium, magnésium et bore peuvent également s'avérer nécessaires. Il est recommandé d'épandre tous les trois ans du fumier ou du compost (50 kg/arbre) afin d'améliorer la texture et la fertilité du sol. Cet épandage peut également s'effectuer avant la plantation.
Seuls 15% des zones plantées en oliviers dans le monde sont irriguées, mais ces surfaces augmentent régulièrement. L'irrigation de surface, par aspersion et par goutte à goutte sont quelques-unes des méthodes utilisées dans la culture intensive de l'olivier pour pallier des précipitations insuffisantes. Une irrigation correctement planifiée et dosée est nécessaire pour obtenir un effet économique sur les rendements et la qualité des fruits. L'irrigation combinée à un couvert végétal approprié influence de manière positive la production des oliviers et la conservation des sols.

Maladies et ravageurs Les taches foliaires ou œil de paon dus à *Spilocaea oleagina* (*Cycloconium oleaginum*) sont les maladies les plus communément rencontrées dans la culture de l'olivier. Les méthodes de lutte consistent à pulvériser préventivement des fongicides à base de cuivre et à améliorer la résistance de la plante hôte. Les pulvérisations de cuivre ont également un effet tonique qui augmente le maintien des feuilles sur la plante. Les autres maladies sont : la fumagine due à une infection

secondaire par *Alternaria*, *Capnodium* et *Cladosporium* spp. suite à une infestation de cochenilles noires ; la verticilliose due à *Verticillium dahliae* et le chancre bactérien dû à *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi*.

Il existe de nombreux ravageurs qui entraînent généralement plus de dommages économiques que les maladies. Les insectes ravageurs les plus nuisibles sont : la mouche de l'olive (*Bactrocera oleae*) et la teigne de l'olivier (*Prays oleae*, synonyme : *Prays oleellus*) sur les fruits, la cochenille noire (*Saissetia oleae*) sur les branches, la pyrale du jasmin (*Margaronia unionalis*) sur les jeunes pousses, l'hylésine de l'olivier (*Hylesinus oleiperda*) et le scolyte de l'olivier (*Phloeotribus scarabaeoides*) sur les branches et le tronc, le psylle de l'olivier (*Euphyllura olivina*) sur les fleurs, les acariens (*Aceria oleae*) sur les feuilles et les fruits, et le thrips de l'olivier (*Liothrips oleae*) sur les fleurs et les jeunes feuilles. La lutte contre les insectes dans la culture de l'olivier s'appuie de plus en plus sur des systèmes de lutte intégrée comprenant le contrôle continu, le piégeage par phéromones, l'introduction des ennemis naturels des ravageurs, les insecticides à base de *Bacillus thuringiensis* et les techniques culturales comme la taille et l'irrigation.

Récolte Les olives sont récoltées pour leur huile à pleine maturité, à la fin de l'automne ou au début de l'hiver, soit mécaniquement, soit à l'aide de peignes, de gaules et de filets. Les olives de table sont récoltées à la main : les olives vertes mûres au début de l'automne, et les olives noires à la fin de l'automne. La cueillette manuelle des fruits (capacité d'environ 80 kg par personne et par jour) représente 50–60% des coûts de production au champ. Des machines ont été développées pour réduire les coûts de récolte : le système se compose de secoueurs de branches et de troncs et de parasols inversés ou de tapis roulants permettant de récupérer les fruits. L'utilisation de machines automotrices travaillant sur les frondaisons d'oliviers plantés en haies et l'application de produits chimiques d'abscission (par ex. l'éthéphon) peu de temps avant la récolte sont encore au stade expérimental.

Rendements Les rendements moyens mondiaux pour l'année 2005 ont été de 2,0 t d'olives par ha. Le rendement en fruits par ha varie de 1–3 t dans les oliveraies traditionnelles à 4–10 t en présence d'irrigation et de pratiques culturales optimales (par ex. en Italie à 280 arbres par ha). Pour des plantations correctement conduites en culture pluviale, le rendement en fruits est de 2–5 t/ha. La productivité enregistre toujours de fortes variations annuelles. Il est besoin d'environ 5–6 kg de fruits pour produire 1 kg d'huile, ce qui donne une moyenne mondiale de 350–400 kg/ha en 2005.

Traitement après récolte L'extraction de l'huile doit débuter dans les 1–3 jours qui suivent la récolte des fruits pour éviter toute dégradation de la saveur et toute augmentation de la teneur en acides gras libres. Les olives sont lavées, broyées et malaxées en une pâte homogène d'où l'huile est extraite à froid, par pressage mécanique ou centrifugation. Les margines, mélange d'eau de végétation et d'huile, sont laissées à reposer et l'huile est extraite par décantation, centrifugation et filtration. L'huile obtenue exclusivement par ces procédés mécaniques, c'est-à-dire sans chauffage, est dénommée huile d'olive vierge. Dans l'Union européenne, l'huile d'olive vierge est classée en 4 catégories, sur la base de différentes caractéristiques dont les plus importantes sont la teneur en acides gras libres et la note obtenue lors d'un test organoleptique : huile vierge extra, huile vierge, huile vierge courante et huile vierge lampante. L'huile vierge lampante et l'huile obtenue par chauffage ou extraction par solvant sont destinées à un usage industriel ou doivent être raffinées par neutralisation, décoloration et désodorisation pour obtenir de l'huile d'olive raffinée. Le tourteau ou grignon obtenu après extraction à froid peut subir une extraction par solvant qui fournit de l'huile de grignons, catégorie destinée à un usage industriel.

Les olives de table sont confites : le traitement consiste à plonger les fruits dans une solution de lessive alcaline qui permet de réduire l'amertume avant le conditionnement en saumure (méthode espagnole ou californienne). La conservation des olives noires parfaitement mûres selon la méthode grecque comporte un conditionnement en saumure, sans prétraitement alcalin.

Ressources génétiques Les nombreux cultivars traditionnels de l'olivier (estimés à 2000) disparaissent peu à peu en raison de l'abandon des oliveraies peu fertiles, de l'urbanisation ou du remplacement par des cultivars modernes. Des programmes visant à collecter et à préserver ces précieuses ressources génétiques sont en cours, grâce au soutien du Conseil oléicole international (COI) et de l'Union européenne. A côté de la collection mondiale de Cordoue (Espagne), qui possède 310 entrées, il existe 73 collections de ressources génétiques dans 23

pays ainsi qu'un projet pour instaurer une deuxième collection mondiale à Marrakech (Maroc).
L'olivier sauvage est répandu en Afrique tropicale et il est commun localement ; il n'est pas menacé d'érosion génétique.

Sélection L'amélioration de l'olivier résulte d'une longue tradition de sélection clonale. Les croisements inter-cultivars, suivis par une sélection parmi les populations de plantes ségrégantes sont relativement récents. La longue phase juvénile des plantes a représenté un inconvénient pour la sélection, mais des méthodes de forçage et l'existence de variations génétiques dans la durée de la phase juvénile ont permis de raccourcir les cycles de sélection. Les critères principaux de sélection sont : le rendement en fruits, la régularité de la production, la tolérance au froid, la précocité de la première fructification, une croissance compacte, la teneur en huile du mésocarpe, la qualité de l'huile et la résistance aux maladies et aux ravageurs. La qualité de l'huile d'olive est déterminée à l'aide de méthodes standard : analyse physicochimique et analyse sensorielle du goût. La résistance à *Spilocaea oleagina* a été constatée en Israël et la résistance à *Pseudomonas syringae* pv. *savastanoi* a été rapportée au Portugal. Des progrès ont été réalisés avec l'application à l'olivier de la biologie moléculaire : utilisation de marqueurs moléculaires pour l'identification des cultivars, établissement d'une carte de liaison génétique et sélection assistée par marqueurs. Il n'existe aucune barrière d'hybridation pour l'introgression des caractères désirés de l'oléastre et d'autres sous-espèces sauvages d'*Olea europaea*.

Perspectives L'intérêt croissant que rencontre l'olivier en tant source d'huile végétale de grande qualité, bénéfique pour la santé, peut avoir un effet positif sur la production mondiale, en dépit de coûts de production élevés. L'olivier contribue également à la protection de l'environnement (sols, flore et faune) sur les zones sèches et pentues. Il existe des possibilités de culture de l'olivier en Afrique centrale, en Afrique de l'Est et en Afrique australe, particulièrement dans les zones où les oliviers sauvages se rencontrent déjà.

Références principales Barranco, Fernandez-Escobar & Rallo (Editors), 1998; Besnard et al., 2002; Di Giovacchino, 1997; Garrido Fernandez, Fernandez Diez & Adams, 1997; Green, 2002; Katsoyannos, 1992; Loussert & Brousse, 1978; Tombesi, 1994; Villemur & Dosba, 1997; Zohary, 1995.

Autres références Aka Sagliker & Darici, 2005; Bartolini & Petrucelli, 2002; Besnard & Berville, 2000; California Rare Fruit Growers, 1997; Fabri & Benelli, 2000; International Olive Oil Council, 1997; Lavee, 1990; Lavee, 2005; Maundu & Tengnäs, 2005; Metzidakis & Voyiatzis (Editors), 1999; Ministry of Trade and Industry, Namibia, undated; Mkize, 2005.

Sources de l'illustration Moutier & van der Vossen, 2001; Turrill, 1952.

Auteurs H.A.M. van der Vossen, G.N. Mashungwa & R.M. Mmolotsi

ONGOKEA GORE (Hua) Pierre

Protologue Bull. Mens. Soc. Linn. Paris 2 : 1314 (1897).

Famille Olacaceae

Synonymes *Ongokea klaineana* Pierre (1897), *Ongokea kamerunensis* Engl. (1909).

Noms vernaculaires Angueuk, boléko, ongokéa (Fr). Angueuk, boleko, isano (En). Nsanu (Po). Kileku, ntuli, oleko (Sw).

Origine et répartition géographique *Ongokea gore* se rencontre dans les forêts denses sempervirentes et les forêts humides semi-caducifoliées depuis la Sierra Leone jusqu'à l'est de la R.D. du Congo et vers le sud jusqu'en Angola.

Usages Le bois d'*Ongokea gore*, appelé "angueuk" dans le commerce, est surtout utilisé localement dans les constructions lourdes, pour fabriquer des traverses de chemin de fer et des chassis de véhicules, en menuiserie intérieure ou extérieure, pour des parquets, des caisses et des conteneurs, des articles tournés et du placage. Il est particulièrement bien adapté à la



Ongokea gore – sauvage

menuiserie intérieure, à condition qu'il soit parfaitement sec pour éviter les déformations. L'huile extraite de la graine, appelée "huile de boléko" ou "huile d'isano", n'est pas comestible, mais elle peut être utilisée comme additif de l'huile de lin dans la fabrication des peintures, des vernis et du linoléum, et comme additif de l'huile utilisée pour le moulage des noyaux en fonderie ; elle sert aussi à protéger les surfaces métalliques ou en bois. Elle se polymérise à température moyennement élevée et se transforme en un film présentant de remarquables propriétés : solide, flexible et insoluble dans les solvants acides ou alcalins. Ces caractéristiques rendent ce film particulièrement bien adapté à la fabrication des garnitures et des plaquettes de frein. Associée à l'huile de lin, elle permet d'obtenir de la standolie de qualité supérieure (une huile polymérisée à la chaleur, très épaisse, fortement adhésive, mais peu siccative, utilisée dans la peinture à l'huile comme glacis de finition). Bouillie avec du copal, l'huile de boléko procure à cette résine une forte résistance à la chaleur. L'huile sert à confectionner des désémulsifiants pour l'extraction du pétrole brut et pour éviter l'accumulation de givre sur les ailes d'avion. Vulcanisée, elle donne des produits de caoutchouc synthétique très résistants. Par ozonolyse, elle donne des acides doubles saturés, utilisés dans la synthèse des polyamides. L'utilisation des acides gras provenant de l'huile de boléko dans la fabrication de silicones et de colle isolante dans les batteries au lithium a fait l'objet d'un brevet. L'huile est également utilisée traditionnellement comme huile pour la peau.

La pulpe du fruit est comestible. L'écorce est laxative ; au Congo, l'écorce fraîche est frottée sur la poitrine des femmes allaitantes pour purger leurs nourrissons ; de même, au Gabon, une décoction d'écorce est donnée sous forme de lavement aux bébés, ou on leur administre une pincée d'écorce pilée mélangée avec un peu de sel. Le jus est utilisé comme styptique et l'écorce sert à traiter la splénomégalie en R.D. du Congo. Les graines servent d'appâts pour les petits rongeurs et les fruits de toupie pour les enfants.

Production et commerce international Le bois d'*Ongokea gore* présente peu d'intérêt pour le commerce international, et dans les statistiques il est en général comptabilisé dans la rubrique "bois d'œuvre divers". Peu de données fiables sont disponibles : entre 1963 et 1968, la Guinée équatoriale en a exporté 400 m³/an ; le Cameroun 500 m³/an en 1997 comme en 1998. En Centrafrique, le volume total exploitable a été estimé à 3,7 millions de m³, dont 2,2 millions de m³ de qualité 1 et 2.

L'huile de boléko est commercialisée en petites quantités. A la fin des années 1950, moins de 100 t/an ont été exportées, bien que la France et la Belgique aient fondé de grands espoirs dans son utilisation dans l'industrie de la peinture. A cette époque, la production potentielle était estimée à 30 000 t/an pour la R.D. du Congo seule. A l'heure actuelle, aucune information n'est disponible sur la production et le commerce de l'huile de boléko.

Propriétés Le bois de cœur d'*Ongokea gore* est jaune pâle à brun pâle et il fonce à la lumière. Il est peu distinct de l'aubier dont l'épaisseur est de 6–10 cm. Le fil est droit, parfois finement contrefil ou ondé, le grain est fin et homogène. Les faces sciées sur quartier peuvent avoir un aspect finement marbré ou rubané et légèrement lustré. Le bois est lourd, la densité étant de 840–910 kg/m³ à 12% de teneur en eau. Les taux de retrait au séchage sont élevés : du bois vert au bois anhydre, le retrait radial est de 4,0% et le retrait tangentiel de 10,7%. Ce bois doit être séché lentement, il présente un risque élevé de déformation et un faible risque de gerçures. Les grumes doivent être sciées sur quartier avant le séchage pour éviter le gauchissement.

A 12% de teneur en eau, le module de rupture est de 94–143 N/mm², le module d'élasticité de 10 000–16 135 N/mm², la compression axiale de 53–74 N/mm², le cisaillement de 9,0–10,8 N/mm², et le fendage de 19,8–33,6 N/mm.

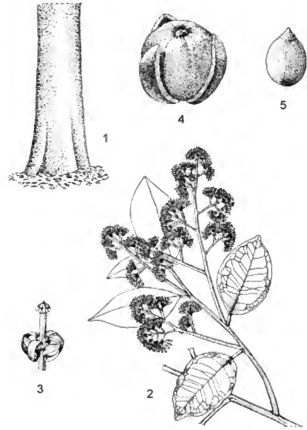
Une fois sec, ce bois est facile à travailler, à scier et à raboter ; son effet désaffûtant est faible. Les opérations de finition, de ponçage et de polissage sont aisées. Ce bois se peint, se vernit, se cire et se colle sans difficultés. Des avant-trous sont souvent requis pour le clouage. Il peut se trancher en placages, mais cette opération requiert beaucoup d'énergie.

Le bois de cœur est durable ; lors d'un essai effectué au Japon, il a été peu dégradé par les champignons ou les termites et a résisté aux térébrants marins ; lors d'un essai au Ghana, il a été peu affecté par 3 ans d'enfouissement. L'aubier est sensible au bleuissement et aux xylophages du bois sec. Le bois de cœur est extrêmement résistant à l'imprégnation, alors que l'aubier est moyennement résistant.

La graine sèche contient environ 63% d'huile. Sa composition en acides gras permet de différencier cette huile des autres huiles végétales. L'huile de boléko a un indice d'iode élevé, mais

elle ne sèche pas quand elle est appliquée en film, contrairement à l'huile de lin ou à l'huile de toung. Un chauffage à 250°C déclenche une réaction de polymérisation fortement exothermique, qui peut entraîner une montée de la température à plus de 400°C et conduire à une explosion. Cette huile est caractérisée par la présence d'acides gras diacétyléniques et hydroxy-diacétyléniques ; il s'agit principalement d'acide isanique et d'acide bolékique (30–50% pour les deux), ainsi que d'acide isanolique (15–35%). Elle contient de plus des acides gras saturés et insaturés, en majeure partie de l'acide linoléique. L'acide isanique est un acide gras en C_{18} non ramifié, possédant une seule liaison éthylénique et 2 liaisons conjuguées acétyléniques ; sa formule est la suivante : acide octadéc-17-èn-9,11-diynoïque. La formule de l'acide bolékique est : acide octadéc-13-èn-9,11-diynoïque. Celle de l'acide isanolique : acide octadéc-17-èn-8-hydroxy-9,11-diynoïque. Les insaponifiables de cette huile contiennent un dialcool cristallin de formule moléculaire $C_{28}H_{44}O_2$.
La pulpe du fruit frais contient 67% d'eau ; son odeur évoque celle de la pomme et son goût est doux, quoique légèrement astringent. La racine et l'écorce du tronc d'*Ongokea gore* contiennent des protoflavanones cyclohexanoïdes dénommées ongokéines ; elles sont proches de la sakuranétine et sont caractérisées par un anneau en C_6 non aromatique qui ne se rencontre ailleurs que chez certaines fougères.

Description Arbre de taille moyenne à grande, glabre, pouvant atteindre 40 m de haut ; fût droit et cylindrique, dépourvu de branches jusqu'à 20 m, de 100(–150) cm de diamètre, sans contreforts, mais parfois avec des gonflements importants des racines ; écorce grise à brun foncé ou noire, de 1–2 cm d'épaisseur, légèrement fissurée et se détachant en écailles fines et irrégulières ; cime pyramidale, plutôt ouverte, avec quelques grosses branches ; branches feuillées latéralement comprimées. Feuilles alternes, simples et entières, sans stipules ; pétiole fin, de 0,5–1 cm de long, sillonné en dessus, décurrent en 2 fines côtes le long de la branche ; limbe elliptique, de 4–12 cm × 2–5 cm, base arrondie à cunéiforme, apex brièvement acuminé, bords rétrorses particulièrement près de la base, nervures latérales 6–10 de chaque côté de la nervure médiane, se rejoignant à quelque distance du bord. Inflorescence : panicule axillaire, pouvant atteindre 15 cm de long, formée de cymes en ombelle portant de nombreuses fleurs. Fleurs bisexuées



Ongokea gore – 1, base du fût ; 2, rameau en fleurs ; 3, fleur ; 4, fruit ; 5, noyau.
Redessiné et adapté par Iskak Syamsudin

ou fonctionnellement unisexuées, régulières, 4-mères, verdâtres ; pédicelle filiforme, d'environ 6 mm de long ; calice en coupe peu profonde, d'environ 1 mm de diamètre ; pétales ligulés, de 3–4 mm de long, recourbés ; disque à 4 lobes ; étamines formant un tube d'environ 3 mm de long ; ovaire supère, sessile, 1-loculaire, style à peine exsert hors du tube formé par les étamines. Fruit : drupe globuleuse, de 2–4 cm de diamètre, entourée par le calice élargi à l'exception de sa partie apicale, légèrement acuminée, à 1 graine. Graines globuleuses, d'environ 1,5 cm de diamètre. Plantule à germination épigée ; hypocotyle très court, épicotyle d'environ 18 cm de long ; première paire de feuilles opposée.

Autres données botaniques Le genre *Ongokea* ne comprend qu'une seule espèce. Il est étroitement apparenté au genre *Aptandra*, qui compte environ 4 espèces en Amérique tropicale et une espèce en Afrique tropicale ; *Aptandra zenkeri* Engl., qui diffère d'*Ongokea gore* par ses inflorescences en grappe et son grand calice rosâtre en forme de col qui entoure le fruit.

Croissance et développement En Côte d'Ivoi-

re, *Ongokea gore* fleurit de janvier à juin et fructifie de mai à juillet ; en R.D. du Congo, la fructification est abondante en septembre, au Gabon c'est le cas en décembre et en janvier. Les fruits sont consommés par de nombreux animaux et les graines sont dispersées par ex. par les singes.

Ecologie *Ongokea gore* se trouve disséminé dans les forêts denses sempervirentes et les forêts humides semi-caducifoliées. Il se rencontre sur sols secs et dans les zones périodiquement inondées. Au Gabon, il se rencontre dans les forêts dominées par *Sacoglottis gabonensis* (Baill.) Urb. et *Aucoumea klaineana* Pierre.

Multiplication et plantation La germination est lente et peut durer plusieurs mois, voire plus d'un an. En raison de cette germination lente et irrégulière, *Ongokea gore* n'est pas cultivé en pépinière.

Gestion Les grands arbres d'*Ongokea gore* se rencontrent disséminés dans la forêt. Au Liberia, on a repertorié la présence de 1 arbre possédant un fût de plus de 60 cm de diamètre par 43 ha de forêt sempervirente, et 1 arbre par 7,5 ha de forêt humide semi-caducifoliée.

Récolte Les fruits d'*Ongokea gore* sont récoltés dans la nature ; la plupart du temps, la pulpe est laissée à pourrir, avant que les noyaux soient récoltés sur le sol.

Traitement après récolte Les grumes fraîches ne flottent pas et ne peuvent donc pas être transportées par les cours d'eau. Le dépulpage des fruits peut être effectué en faisant passer les fruits entre des rouleaux de caoutchouc, puis en les lavant à l'eau froide. L'huile de boléko est produite par pressage hydraulique, mais la forte viscosité de l'huile rend ce procédé peu pratique. Lors du pressage, la température peut atteindre 80°C, ce qui altère les propriétés de l'huile. Le tourteau contient une quantité non négligeable d'huile polymérisée ; il ne convient pas à l'alimentation du bétail, mais peut servir d'engrais. L'huile est également extraite au moyen de solvants, après broyage des noyaux et traitement au méthanol froid.

Ressources génétiques *Ongokea gore* est répandu et ne semble pas menacé d'érosion génétique. Aucune collection de ressources génétiques n'est actuellement connue.

Perspectives *Ongokea gore* gardera vraisemblablement toute son importance dans sa région d'origine. Rien ne prouve qu'il deviendra un article du commerce international, mais son volume dans les lots de bois d'œuvre divers est susceptible de s'accroître. La demande en huile risque de rester faible, sauf si l'industrie locale de la peinture se développe ou si de nouvelles applications sont découvertes pour ses acides gras uniques.

Références principales Anonymous, 1957; Aubréville, 1959a; Chudnoff, 1980; CIRAD Forestry Department, 2003; C.T.F.T., undated; Miller et al., 1977; Normand, 1950; Pouliquen, 1959; Vieux & Taratibu, 1968; Voorhoeve, 1979.

Autres références Burkill, 1997; De Borger, 1960; De Vries, 1956; De Vries, 1957; Heckel, 1902; Jerz, Waibel & Achenbach, 2005; Keay, 1989; Libouga, Womeni & Bitjoka, 2002; Magliocca, 1998; Mangala, 1999; Normand & Paquis, 1976; Pauwels, 1993; Raponda-Walker & Sillans, 1961; Sallenave, 1955; Saunders & Hall, 1968; Tsunoda, 1990; Villiers, 1973a; von Mikusch, 1963; von Mikusch, 1964; Wilks & Issembé, 2000.

Sources de l'illustration Pauwels, 1993; Voorhoeve, 1979; Wilks & Issembé, 2000.

Auteurs D. Louppe

PANDA OLEOSA Pierre

Protologue Bull. Mens. Soc. Linn. Paris 2: 1255 (1896).

Famille Pandaceae

Origine et répartition géographique *Panda oleosa* est présent du Liberia jusqu'en Centrafrique et en R.D. du Congo.

Usages On extrait des graines une huile destinée à l'usage domestique dans la cuisine. Les graines sont consommées après cuisson. Au Gabon, les graines pilées s'ajoutent à des sauces, des soupes et des ragoûts, de la même façon que les amandes du fruit d'*Irvingia gabonensis* (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill. Le bois s'utilise en menuiserie et pour confectionner des pirogues. Plusieurs parties de la plante sont utilisées en médecine traditionnelle. L'écorce s'emploie en usage interne pour traiter les troubles abdominaux, le risque de fausse-couche, les parasites intestinaux et la blennorrhagie, et pour ses vertus anti-inflammatoires, analgésiques et aphrodisiaques. En usage externe, on l'utilise pour traiter les rhumatismes, les plaies, les pians, les écorchures, les panaris, les œdèmes et les hémorroïdes. La décoction de racine se prend contre les affections bronchiques. L'huile des graines s'applique sur les ulcères, les graines écrasées et torréfiées sur les brûlures. L'infusion de feuilles est utilisée en lavement pour traiter la dysmé-

norrhée, et les feuilles écrasées se frictionnent sur le corps comme tonique. Le nectar des fleurs est butiné par les abeilles.

Production et commerce international Au Gabon, les graines sont vendues sur les marchés locaux.

Propriétés Les graines semi-séchées de *Panda oleosa* contiennent par 100 g : eau 26,8 g, énergie 2085 kJ (498 kcal), protéines 15,3 g, lipides 51,5 g, glucides 3,3 g, Ca 85 mg, P 174 mg. Les graines sèches contiennent par 100 g : eau 4,8 g, énergie 2315 kJ (553 kcal), protéines 23,4 g, lipides 45,2 g, glucides 22,9 g, fibres 6,0 g, Ca 371 mg, P 523 mg (Leung, Busson & Jardin, 1968).

Les graines contiennent environ 50% d'huile sur la base de la matière sèche. La composition en acides gras de l'huile est : acide myristique 1%, acide palmitique 26%, acide stéarique 6%, acide arachidique 0,5%, acide oléique 33,5% et acide linoléique 32,5%.

Le bois est jaune brunâtre à rouge rosâtre, à fil irrégulier et à grain fin. Il est moyennement lourd, avec une densité de 645–670 kg/m^3 à 12% d'humidité. A 12% d'humidité, le module d'élasticité est de 11 760–14 210 N/mm^2, la compression axiale de 51–54 N/mm^2, la compression transversale de 3 N/mm^2 et la dureté de flanc Chalais-Meudon de 2,4–2,5.

Des tests de criblage sur l'écorce de *Panda oleosa* ont mis en lumière une activité inhibitrice du VIH. Le constituant flavonol, ent-4'-O-méthylgallocatéchine, a été isolé de l'écorce, mais l'activité anti-VIH était probablement surtout le fait des tanins.

Botanique Arbre de taille petite à moyenne, dioïque, sempervirent, atteignant 20(–35) m de haut ; fût cylindrique ou sinueux, atteignant 80(–100) cm de diamètre, souvent à courts contreforts à la base ; surface de l'écorce brun verdâtre à brun foncé tacheté de grisâtre, écorce interne rose-violet à taches brun violacé foncé ; cime dense, fortement ramifiée ; jeunes rameaux anguleux, glabres. Feuilles alternes, simples ; stipules étroitement lancéolées, petites, caduques ; pétiole de 0,5–1,5 cm de long, cannelé sur le dessus ; limbe elliptique à oblong-elliptique, de 10–30 cm × 4–13 cm, cunéiforme à arrondi à la base, acuminé à l'apex, bords ondulés à dentés, coriace, glabre, pennatinervé à 4–7 paires de nervures latérales. Inflorescence : grappe de 15–35 cm de long, solitaire ou en fascicules sur les rameaux âgés, brièvement poilue. Fleurs unisexuées, régulières, 5-mères ; pédicelle de 1,5–4 mm de long, articulé ; calice cupuliforme, d'environ 1 mm de long, vaguement denté ; pétales libres, oblongs-elliptiques à lancéolés, d'environ 5 mm × 2 mm, rouges ; fleurs mâles à 10 étamines en 2 verticilles de longueur inégale et à ovaire rudimentaire ; fleurs femelles à ovaire supère 3(–4)-loculaire et à court style terminé par 3(–4) stigmates allongés. Fruit : drupe globuleuse de 5–7 cm de diamètre, vert jaunâtre ; pyrène à épaisse paroi ligneuse et ponctuée, contenant 3(–4) graines. Graines triangulaires-ovoïdes, concaves, d'environ 2 cm de long, comprimées, d'un brun brillant. Plantule à germination épigée ; hypocotyle de 12–20 cm de long, épicotyle d'environ 3 cm, cotylédons largement obtriangulaires de 6–8 cm de large, largement émarginés à l'apex.

Panda oleosa pousse lentement. Au Gabon, les semis atteignaient 35–40 cm de haut 15 mois après la germination. La base du fût est souvent enflée et crevassée, en raison des dégâts causés par les éléphants. Les jeunes feuilles sont d'un rose-rouge vif. De nombreux arbres produisent chaque année des fruits, qui peuvent demeurer plusieurs mois sur l'arbre. Ils sont couramment consommés par les éléphants, qui dispersent les graines dans leurs bouses. Mais il arrive que l'on trouve aussi des graines en train de germer dans des régions sans éléphants. Le noyau du fruit (pyrène) est dur à casser, mais en Afrique de l'Ouest les chimpanzés y arrivent avec des pierres. Les écureuils aussi les ouvrent parfois.

Le genre *Panda* ne comprend qu'une seule espèce. Avec les genres africains *Centroplacus* et *Microdesmis* et le genre asiatique *Galearia*, il est classé dans la famille des *Pandaceae*.

Ecologie *Panda oleosa* est habituellement un arbre de sous-étage des forêts sempervirentes à semi-décidues, le plus souvent dans les forêts primaires, tant sur les sites marécageux que secs. On le trouve aussi dans les ripisylves et les forêts périodiquement inondées.

Gestion La germination des graines est lente, et démarre après 10 mois à 4 ans. Les semis survivent à l'ombre dans la forêt, mais c'est dans les clairières du couvert forestier qu'ils sont les plus courants. Les semis sont assez rares en forêt, bien que les arbres adultes soient grégaires dans de nombreux endroits. Parfois, un grand nombre de jeunes semis ont été observés autour d'un arbre mère, mais les taux de survie sont faibles. Au Gabon, les noyaux sont ramassés sur le sol forestier et les graines sont extraites en fendant la paroi dure au couperet, ce qui est une tâche dangereuse.

Ressources génétiques et sélection *Panda oleosa* est relativement répandu et locale-

ment commun, et rien n'indique qu'il soit menacé d'érosion génétique.

Perspectives Les graines comestibles de *Panda oleosa* et leur huile sont un intéressant produit forestier dans plusieurs pays. Les programmes de domestication sont freinés par la lenteur de la germination et de la croissance et, par conséquent, une récolte durable dans la forêt naturelle semble offrir les meilleures opportunités. Mais la difficulté pour ouvrir la paroi dure du noyau représente un obstacle dans la commercialisation des graines.

Références principales Bokesch et al., 1994; Bourobou-Bourobou, 1994; Burkill, 1997; Nziengui, 2001; Villiers, 1973b.

Autres références Busson, 1965; Garcia et al., 1993; Hawthorne, 1995; Hawthorne & Parren, 2000; Leung, Busson & Jardin, 1968; Neuwinger, 2000; Raponda-Walker & Sillans, 1961; Robyns, 1958; Takahashi, 1978; White & Abernathy, 1997.

Auteurs R.H.M.J. Lemmens

PENTACLETHRA EETVELDEANA De Wild. & T.Durand

Protologue Bull. Herb. Boissier, sér. 2, 1: 20 (1900).

Famille Mimosaceae (Leguminosae - Mimosoideae)

Origine et répartition géographique *Pentaclethra eetveldeana* est présent au Cameroun, en Guinée équatoriale, au Gabon, au Congo, en R.D. du Congo et à Cabinda (Angola).

Usages Une huile comestible peut être extraite des graines de *Pentaclethra eetveldeana* ; elle a des qualités similaires à celle de *Pentaclethra macrophylla* Benth. Les graines sont consommées en R.D. du Congo. Le bois est utilisé en construction et pour fabriquer des ustensiles (par ex. pilons et mortiers). Il convient également à la parqueterie, aux boiseries intérieures, à la menuiserie, aux meubles, à l'ébénisterie, aux jouets et articles de fantaisie, aux étais de mines, à la carrosserie, aux traverses de chemin de fer, en tournerie, en plaquage, au contreplaqué, aux panneaux de fibres et aux panneaux de particules. Le bois s'utilise couramment comme bois de feu et pour la production de charbon de bois. En R.D. du Congo, la décoction de feuilles se prend pour traiter les maux d'estomac et les rhumes, et l'écorce de racine est un traitement du paludisme, de l'épilepsie et des hémorroïdes. Au Congo, la décoction d'écorce est administrée pour traiter les troubles respiratoires, la tuberculose, les problèmes génito-urinaires et comme vermifuge ; on l'emploie en usage externe contre les rhumatismes et comme anodin. La sève d'écorce en collyre sert à traiter la filariose. Le feuillage sert de nourriture aux chenilles comestibles, les abeilles butinent le nectar des fleurs.

Production et commerce international Le bois d'œuvre de *Pentaclethra eetveldeana* est exporté en petites quantités du Congo et de la R.D. du Congo, mais il n'y a pas de statistiques.

Propriétés La composition de l'huile des graines n'a pas fait l'objet d'études, mais elle est probablement similaire à celle de *Pentaclethra macrophylla*. Le bois de cœur, blanc rosâtre ou blanc jaunâtre à brun foncé, se distingue nettement de l'aubier qui est blanc à jaune pâle et atteint 2,5 cm d'épaisseur. Le fil est droit, le grain moyen à grossier. Des veines de couleur foncée peuvent être visibles sur la surface radiale, tandis que la surface tangentielle est légèrement rayée. C'est un bois modérément lourd, avec une densité d'environ 750 kg/m^3 à 12% d'humidité. Il a un assez bon séchage à l'air, mais le retrait est important et le bois est sujet aux gerçures. Bien que le bois soit relativement dur, le sciage ne présente pas de grandes difficultés tant que les vitesses restent basses. Le bois donne une bonne finition. Il ne se fend pas sous les clous et les retient bien. Il est moyennement durable, étant susceptible aux attaques de bostryches et de térébrants marins, et moyennement résistant aux termites. Le bois de cœur est résistant aux traitements des produits de conservation, mais l'aubier est perméable.
L'extrait d'écorce de *Pentaclethra eetveldeana* a montré une activité antifongique. Certains monoglycérides et conjugats d'acides gras et de triterpènes ont été isolés de l'écorce de racine.
Au Gabon, le miel produit par les abeilles à partir du nectar de *Pentaclethra eetveldeana* serait toxique, et provoquerait des nausées et des coliques, mais ce n'est pas le cas en R.D. du Congo.

Botanique Arbre de taille moyenne atteignant 30 m de haut ; fût souvent sinueux, atteignant 50 cm de diamètre, à petits contreforts à la base ou sans contreforts ; écorce externe grise, fissurée, écorce interne brune ; cime en forme de dôme ; jeunes rameaux pubescents bruns. Feuilles alternes, composées bipennées, atteignant 40 cm de long ; stipules linéaires-lancéolées, caduques ; pétiole de 4,5–7 cm de long, renflé et articulé à la base, rainuré ; pennes opposées, en 9–16 paires, de 4–12

cm de long, nettement articulées à la base, à 15–30 paires de folioles ; folioles opposées, sessiles, obliquement rhomboïdes, de 8–13 mm × 2–3,5 mm, apex aigu, glabre. Inflorescence : panicule terminale ou axillaire atteignant 30 cm de long, constituée d'épis, à nombreuses fleurs ; pédoncule de 1,5–2 cm de long, pubescent. Fleurs bisexuées, régulières, 5-mères, petites, très odorantes, sessiles ; calice en cloche, de 1,5–2 mm de long, à lobes largement triangulaires d'environ 0,5 mm de long ; pétales oblongs-lancéolés, d'environ 4 mm de long, renflés à la base et fusionnés sur 1–2 mm, blanchâtres ; étamines 5, d'environ 5 mm de long, anthères avec une grande glande entre les thèques, staminodes 5, filiformes, d'environ 9 mm de long ; ovaire supère, courtement stipité, 1-loculaire, densément poilu, style d'environ 4 mm de long, stigmate en massue. Fruit : gousse obliquement ellipsoïde-oblongue atteignant 20 cm × 4 cm, ligneuse, brun rougeâtre, rayée longitudinalement, s'amenuisant vers la base, apex obtus, persistant longtemps et s'ouvrant sur l'arbre de façon explosive avant de se recourber fortement, à 3–8 graines. Graines orbiculaires à ovoïdes, aplaties, de 2–3 cm × 2–2,5 cm, lisses, brun rougeâtre.

Les racines de *Pentaclethra eetveldeana* produisent des nodules contenant des bactéries fixatrices d'azote. La base du fût est souvent sérieusement déformée par les éléphants, qui s'en nourrissent. Les fleurs produisent de grandes quantités de nectar et attirent les primates (par ex. les chimpanzés), les oiseaux et les insectes. Les gousses ligneuses se tiennent dressées au-dessus de la canopée et s'ouvrent de façon explosive à maturité. Cependant, certains singes sont capables de briser la paroi dure de la gousse et d'atteindre les graines immatures pour les manger.

Le genre *Pentaclethra* comprend 3 espèces, 2 en Afrique et 1 en Amérique du Sud. L'autre espèce africaine, *Pentaclethra macrophylla* Benth., peut être distinguée par ses plus grandes folioles et ses poils étoilés.

Ecologie *Pentaclethra eetveldeana* est présent dans les forêts pluviales, le plus souvent dans les forêts secondaires, où il peut être dominant. On le trouve aussi dans des enclaves de forêt en zone de savane, et dans les forêts-galeries.

Gestion Le taux de germination des graines est généralement élevé, mais la germination est souvent inégale. Il est recommandé de semer les graines directement au champ car la racine pivot des semis est facilement endommagée lors du repiquage. Les arbres plantés peuvent se conduire en taillis.

Ressources génétiques et sélection Très commun dans les forêts secondaires et perturbées, *Pentaclethra eetveldeana* n'est pas menacé d'érosion génétique.

Perspectives *Pentaclethra eetveldeana* pourrait être un arbre à bois d'œuvre intéressant pour les forêts naturelles à gestion durable d'Afrique centrale, en raison de sa régénération facile après une perturbation du milieu et de la qualité acceptable de son bois, mais son fût souvent petit et irrégulier constitue un inconvénient.

Références principales Bolza & Keating, 1972; Latham, 2004; Latham, 2005; Villiers, 1989.

Autres références Babady Bila & Herz, 1996; Gilbert & Boutique, 1952; Laine et al., 1985; Neuwinger, 2000; Raponda-Walker & Sillans, 1961; White & Abernathy, 1997.

Auteurs R.H.M.J. Lemmens

PENTACLETHRA MACROPHYLLA Benth.

Protologue Journ. Bot. (Hook.) 4(30) : 330 (1842).

Famille Mimosaceae (Leguminosae - Mimosoideae)

Nombre de chromosomes $n = 7$, $2n = 26$

Noms vernaculaires Owala, mubala, arbre à semelles, acacia du Congo (Fr). African oil bean, Atta bean, Owala oil tree, Congo acacia, nganzi (En). Sucupira, marroné (Po).

Origine et répartition géographique *Pentaclethra macrophylla* se rencontre dans la zone forestière d'Afrique centrale et d'Afrique de



Pentaclethra macrophylla – sauvage

l'Ouest, depuis le Sénégal jusqu'au sud-est du Soudan et en Angola, ainsi que dans les îles de São Tomé-et-Príncipe.

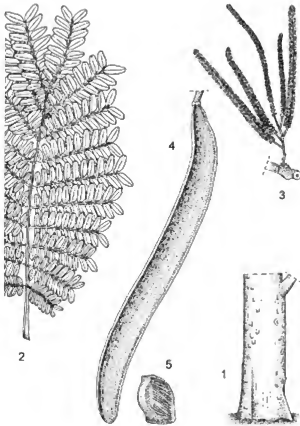
Usages *Pentaclethra macrophylla* est planté ou conservé en bordure des jardins familiaux et des fermes, principalement pour ses graines dont est extraite une huile comestible. Dans toute la zone forestière d'Afrique de l'Ouest, les graines sont consommées bouillies ou rôties. Elles sont également fermentées pour produire un amuse-gueule ou un condiment ayant un goût de viande, très populaire dans le sud-ouest du Nigeria où il est appelé "ugba". Les cosses vides et sèches servent de combustible pour la cuisine. Les paysans protègent cette espèce sur leurs fermes, car sa cime ouverte ne perturbe pas sensiblement la croissance des cultures et certains arbres perdent leurs feuilles pendant la saison de croissance. Les feuilles contribuent également à la fertilité du sol. Le bois de *Pentaclethra macrophylla*, nommé "mubala" ou "ovala", sert de bois de feu et permet de produire du charbon. Comme peu d'arbres développent un fût droit atteignant la taille minimale de coupe, le bois d'œuvre est rarement disponible en grandes dimensions. Le bois est dur et difficile à travailler, mais il est utilisé en menuiserie et il est adapté à la fabrication de poteaux et de traverses de chemin de fer. Traditionnellement, il a servi à confectionner des pilons et mortiers. La cendre obtenue par la combustion du bois ou des cosses est utilisée comme mordant dans la teinture. En R.D. du Congo, les chenilles comestibles des vers à soie géants *Nudaurelia oyemensis* ("minsangula") et *Imbrasia obscura* ("minsendi") se nourrissent de ses feuilles. Les abeilles butinent les fleurs pour confectionner leur miel. *Pentaclethra macrophylla* est utilisé en Afrique en médecine traditionnelle humaine et vétérinaire. Les fruits mûrs sont utilisés en externe pour soigner les blessures. Les extraits de feuilles, d'écorce de tiges, de graines et de pulpe de fruit possèdent des propriétés anti-inflammatoires et anthelminthiques, et sont utilisés pour soigner la gonorrhée et les convulsions ; ils sont également employés comme analgésiques. L'écorce des racines sert de laxatif, de lavement contre la dysenterie et de liniment contre les démangeaisons. Au Cameroun, les infusions d'écorce sont utilisées comme abortif. *Pentaclethra macrophylla* est parfois planté le long des routes. Il joue un rôle dans diverses cérémonies traditionnelles.

Production et commerce international La majeure partie de la production est à usage domestique ou local, et aucune information sur la production et le commerce de l'huile, de l' "ugba" ou du bois d'œuvre n'est disponible.

Propriétés La composition des graines non fermentées par 100 g est : eau 3–10 g, énergie 2330–2540 kJ (557–607 kcal), protéines 17–22 g, lipides 35–52 g, glucides 12–43 g, fibres brutes 2,5 g. La composition en acides gras de l'huile est : acide palmitique 3–4%, acide stéarique 0–2%, acide arachidique 4%, acide béhénique 5–6%, acide lignocérique 11–12%, acide oléique 19–29%, acide linoléique 42–54%, acide linolénique 0–3% ; 2 acides gras peu communs à longue chaîne sont également présents : l'acide hexacosanoïque 5% et l'acide octacosanoïque 1%. Les graines contiennent de la paucine (caféoyl-putrescine), un alcaloïde retardateur de croissance. La fermentation en "ugba" fait disparaître la toxicité. Elle déclenche une forte réduction de la teneur en protéines et une légère augmentation de la teneur en glucides, en huile et en cendres.

Le bois de cœur est brun rougeâtre ; il n'est pas toujours nettement distinct de l'aubier qui est blanchâtre ou gris. Le bois est contrefil, le grain est grossier. A 12% de teneur en humidité, la densité est de 910 kg/m³. Les taux de retrait sont élevés, de 11–16,5% en volume. Les grumes doivent être sciées sur quartier avant le séchage. A 12% de teneur en eau, le module de rupture est de 130–226 N/mm², le module d'élasticité de 16 000–21 150 N/mm², la compression axiale de 75,2–83,6 N/mm², la dureté Janka de flanc de 11 020 N et la dureté de flanc Chalais-Meudon de 8,5–14,1. Le bois est dur et solide, mais difficile à travailler. Il est sensible aux térébrants marins et il est parfois attaqué par les termites. Sa teneur en silice est inférieure à 2%.

Description Arbre de taille moyenne à assez grande, pouvant atteindre 35 m de haut ; fût atteignant 100 cm de diamètre, souvent tordu et à ramification basse, avec des contreforts irréguliers et épais jusqu'à 3 m de haut, ou sans contreforts ; écorce extérieure grisâtre à brun rougeâtre, mince, s'écaillant irrégulièrement, écorce interne fibreuse, jaune à orange ; rameaux portant des poils bruns étoilés. Feuilles alternes, bipennées, de 20–45 cm de long ; stipules en aiguille, de 3–5 mm de long, caduques, portant une glande à la base ; pétiole de 3–6(–8) cm de long, renflé et articulé à la base, cannelé ; pennes opposées, en 9–13 paires, de (8–)10–14 cm de long, clairement articulées à la base, avec (6–)8–14(–20) paires de folioles ; folioles opposées, sessiles, oblique-



Pentaclethra macrophylla – 1, base du fût ; 2, feuille ; 3, inflorescence ; 4, fruit ; 5, graine. Redessiné et adapté par Achmad Satiri Nurhaman

ment oblongues à elliptiques, de 12–25 mm × 5–10 mm, apex arrondi, glabre à l'exception de quelques poils disséminés sur les bords et la nervure médiane de la face inférieure. Inflorescence : panicule terminale ou axillaire atteignant 30 cm de long, composée d'épis, multiflore, densément couverte de poils étoilés brunâtres. Fleurs bisexuées, régulières, 5-mères, petites, odorantes, sessiles ; calice campanulé, à lobes largement elliptiques, d'environ 0,5 mm de long ; pétales oblongs-lancéolés, d'environ 3 mm de long, renflés à la base et soudés sur environ 1 mm, jaunes ; étamines 5, d'environ 5 mm de long, jaunes, anthères avec une grosse glande entre les thèques, staminodes 10–15, filiformes ; ovaire supère, sessile, 1-loculaire, glabre au départ, partie supérieure poilue, style s'allongeant lors de la floraison, stigmate indistinct. Fruit : gousse obliquement linéaire-oblongue atteignant 50 cm × 10 cm × 2 cm, ligneuse, brun foncé, effilée vers la base, apex arrondi, côtés longitudinalement côtelés, persistant longtemps et s'ouvrant de manière explosive sur l'arbre, puis fortement recourbée, contenant 5–8 graines. Graines à contour elliptique, aplaties, de 3,5–7 cm × 2,5–3,5 cm × environ 1 cm, lisses, brun pourpre. Plantule à germination hypogée ; cotylédons restant dans le tégument ; hypocotyle non développé, épicotyle de 8–10 cm de long, à plusieurs écailles ; feuilles alternes, première feuille bipennée.

Autres données botaniques Le genre *Pentaclethra* se compose de 3 espèces, dont 2 en Afrique et 1 en Amérique du Sud. L'autre espèce africaine, *Pentaclethra eetveldeana* De Wild. & T.Durand, se différencie par ses folioles plus petites et ses poils simples. L'espèce américaine, *Pentaclethra macroloba* (Willd.) O.Kuntze, produit un bois d'œuvre commercialisé sous le nom de "gavilán", et c'est une plante médicinale importante.

Croissance et développement Le fût est souvent noueux et tordu et fourchu à faible hauteur, et la base est souvent endommagée par les éléphants, mais il est possible de rencontrer occasionnellement des arbres possédant un tronc droit et long. Les drageons autour de la base sont communs et l'arbre recèpe bien. La cime a été décrite comme étant fortement ramifiée et dense, mais également comme ouverte et permettant aux cultures de pousser correctement sous l'arbre. Certains spécimens perdent leurs feuilles lors de la saison des pluies, bien que cette espèce soit principalement sempervirente. *Pentaclethra macrophylla* forme des nodules et fixe l'azote atmosphérique. La saison de floraison principale en Afrique de l'Ouest se situe en mars–avril, avec de plus petites pousses en juin et en novembre ; au Liberia, les arbres fleurissent en février–avril et fructifient en septembre–décembre. Les fleurs sont fortement odorantes, très riches en nectar et très volontiers butinées par les abeilles.

Ecologie *Pentaclethra macrophylla* est courant dans les forêts primaires et secondaires, ainsi que dans les savanes côtières, souvent au voisinage de criques et de rivières. Il est très commun à des altitudes jusqu'à 500 m, bien que la croissance soit bonne à plus haute altitude si les précipitations sont suffisantes et si les températures ne descendent jamais en dessous de 18°C. Il nécessite une pluviométrie annuelle moyenne de (1000–)1500–2000(–2700) mm et des températures annuelles moyennes d'environ 25°C. Il préfère les sols moyennement limoneux, bien drainés. Sa répartition naturelle suggère qu'il est adapté aux sols relativement acides. Il tolère l'asphyxie racinaire.

Multiplication et plantation Les graines sont récalcitrantes et doivent être semées im-

médiatement. Un stockage à 15°C peut prolonger leur longévité jusqu'à environ 3 mois. Le nombre de graines par kg est d'environ 50–80. La scarification mécanique et le trempage dans l'eau pendant 24 heures améliorent la germination. *Pentaclethra macrophylla* peut également être multiplié par bouturage, marcottage aérien ou écussonnage. Seules les boutures de tiges juvéniles s'enracinent, de préférence quand elles sont traitées par une hormone de croissance. Les boutures peuvent donner des graines après 4 ans, les arbres obtenus par écussonnage au bout de 3 ans. Bien que le semis direct soit commun, le meilleur matériel végétal est obtenu à partir de plants de pépinière endurcis avant la plantation.

Gestion *Pentaclethra macrophylla* est généralement protégé et souvent entretenu sur les terres agricoles, par ex. en R.D. du Congo où il est cultivé dans les exploitations et sur les terres agricoles abandonnées pour améliorer la jachère arbustive. Une zone autour du tronc peut être débarrassée des mauvaises herbes pour faciliter la collecte des graines.

Maladies et ravageurs On ne connaît aucune maladie ni aucun ravageur grave de *Pentaclethra macrophylla*, mais de nombreuses espèces d'insectes et de pathogènes attaquent les gousses et les graines. Les insectes ravageurs principaux sont *Cossus cadambae*, *Sitophilus* spp., *Spodoptera exempta* et plusieurs vers à soie géants. Certains insectes ravageurs réduisent les gousses vertes à l'état de squelette, d'autres forent les gousses et les graines, d'autres encore lacèrent les gousses, provoquant des lésions permettant aux bactéries et aux champignons pathogènes d'envahir les graines.

Récolte Les fruits sont disponibles tout au long de l'année, car leurs grandes gousses ligneuses sont persistantes. La récolte des gousses est une tâche ardue et dangereuse et les personnes chargées de la collecte peuvent facturer jusqu'à la moitié de la récolte pour leur rémunération.

Traitement après récolte Les graines de *Pentaclethra macrophylla* sont soit rôties ou bouillies, soit fermentées pour produire l' "ugba". Les graines sont bouillies pendant 3–12 heures, et le tégument est retiré. Une fois les cotylédons refroidis à température ambiante, ils sont tranchés en petits morceaux de 4–5 cm × 1–2 mm et lavés à l'eau. Ces tranches sont mises à bouillir pendant 1–2 heures, puis refroidies et trempées dans l'eau pendant 10 heures. Les morceaux sont alors égouttés dans un panier tapissé de feuilles de bananiers. Une fois égouttées, les tranches sont enveloppées dans des feuilles blanchies de bananier ou de *Mallotus oppositifolius* (Geiseler) Müll.Arg., puis mises à incuber à température ambiante, soit pendant 4–6 jours lorsqu'elles sont destinées à être utilisées comme amuse-gueule ou accompagnement, soit pendant 7–10 jours lorsqu'elles sont préparées comme condiment pour les soupes. La fermentation est protéolytique et se déroule en milieu alcalin. Elle est principalement due à *Bacillus subtilis*, mais d'autres *Bacillus* spp. sont également impliqués, alors que d'autres bactéries peuvent représenter une contamination.

Ressources génétiques Bien que n'étant pas immédiatement menacé d'érosion génétique, les effectifs de *Pentaclethra macrophylla* ont fortement diminué dans certaines zones. Au Nigeria, les peuplements sont maintenant principalement circonscrits dans le sud-est et, même dans cette région, les taux de régénération semblent insuffisants. Il n'existe aucune collection de ressources génétiques. Cependant, le National Centre for Genetic Resources and Biotechnology et le Forestry Research Institute du Nigeria ont démarré l'étude, la collecte et la conservation des ressources végétales comestibles qui comprennent *Pentaclethra macrophylla*.

Perspectives Il a été recommandé de domestiquer *Pentaclethra macrophylla* en tant qu'arbre pour l'agroforesterie. Il est souhaitable de sélectionner des arbres portant des gousses non égrenantes ou s'égrenant simultanément et de mettre au point des méthodes de taille qui facilitent la récolte.

Références principales Akindahunsi, 2004; Aubréville, 1959a; Banks & Schoeman, 1963; Isu & Ofuya, 2000; Jones, Robinson & Southwell, 1987; Keay, 1989; Ladipo & Boland, 1995; Latham, 2004; Oboh & Ekperigin, 2004; Voorhoeve, 1965.

Autres références Afkah, Aguwa & Agu, 1999; Akubor & Chukwu, 1999; Emebiri & Anyim, 1997; Emebiri, Nwufo & Obiefuna, 1995; Enujiugha, 2003; Enujiugha & Akanbi, 2005; Folefoc et al., 2005; Hilditch, Meara & Patel, 1951; Isu & Njoku, 1997; Ladipo, Kang & Swift, 1993; Okwulehie, 2004; Okafor, 1991; Okwulehie, 2004; Onyeike & Acheru, 2002; Oxford Forestry Institute, 1997–2004; Takahashi, 1978; Udosen & Ifon, 1990.

Sources de l'illustration Villiers, 1989; Wilks & Issembé, 2000.

Auteurs G. Oboh

PENTADESMA BUTYRACEA Sabine

Protologue Trans. Hort. Soc. Londres 5: 457 (1824).

Famille Clusiaceae (Guttiferae)

Nombre de chromosomes $2n = 56$

Noms vernaculaires Lami, arbre à beurre, arbre à suif, arbre à chandelle (Fr). Kanya, butter tree, tallow tree (En). Pau ová, mata passo, mamão (Po).

Origine et répartition géographique *Pentadesma butyracea* est présent à l'état sauvage depuis la Guinée-Bissau jusqu'au Cameroun et à l'extrême ouest de la R.D. du Congo. On le rencontre à l'état subspontané aux Seychelles, où il résulte d'une introduction déjà ancienne.

Usages Une matière grasse végétale nommée "beurre de kanya" ou "suif végétal" est extraite des graines. Le beurre de kanya, qui sert de graisse de cuisson, a été commercialisé comme margarine. C'est un substitut du beurre de karité issu de *Vitellaria paradoxa* C.F.Gaertn. lorsque ce dernier est rare, ou lorsque la tradition en interdit l'usage, par ex. pour le traitement de la lèpre ou de l'épilepsie. Les femmes peules, qui ne peuvent pas utiliser de beurre de karité quand elles viennent d'accoucher, ont la possibilité de le remplacer par du beurre de kanya. Les graines fraîches servent de substitut aux noix de cola issues de *Cola* spp.

Le beurre de kanya est un produit de base adapté aux médicaments topiques. Son application soulage les douleurs à la poitrine, la toux chez les enfants, les élongations et les abcès. C'est un cosmétique pour les cheveux et la peau. Mélangé à d'autres huiles, c'est un produit de base dans la fabrication de savon, et il convient aussi à l'éclairage.



Pentadesma butyracea – sauvage

Le tourteau, riche en composés antinutritionnels, ne convient pas au bétail. Dans certaines régions, ce tourteau huileux, en application externe, est administré aux animaux qui ont des écorchures (moutons par ex.) ; il sert également à plâtrer les murs des maisons (comme les maisons de Tata Somba, au nord-ouest du Bénin).

La pulpe jaune et sucrée des fruits mûrs est comestible, mais les fruits verts sont aigres. Les feuilles se consomment en légume pour leurs vertus galactagogues. On leur prête la vertu de faciliter la digestion du lait et d'aider à la dentition. L'infusion de racines broyées est utilisée pour laver les enfants au cours du sevrage, et les infusions d'écorce se mettent dans des bains pour soulager la fièvre. En décoction, les racines servent de vermifuge au Liberia. Le latex de l'écorce est appliqué sur la peau contre les parasites cutanés. Le bois sert de bois d'œuvre polyvalent et de combustible. En Guinée, on en fait des mâts et des rames pour les petites embarcations. Il se prête aussi au gros œuvre, aux revêtements massifs de sols, aux traverses de chemin de fer, à la construction navale, aux chassis de véhicules, à la caisserie, au placage et au contreplacage, aux boiseries intérieures, à la fabrication de meubles, à la menuiserie, au tournage, aux articles de sport, aux outils et aux jouets. Les racines et probablement les jeunes rameaux servent de brosse à dent. Les graines sont utilisées comme appât pour les porcs-épics et les rats des palmiers.

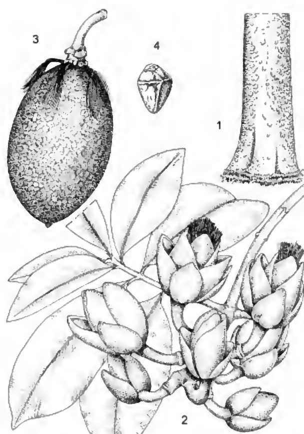
Propriétés L'amande des graines contient, par 100 g de matière sèche, 50 g de lipides et 1,5–1,8 g de matière insaponifiable. Elle contient également une résine inodore et sans saveur, de couleur jaunâtre et toxique. Le beurre de kanya se compose des acides gras suivants : acide palmitique 3–8%, acide stéarique 41–46%, acide palmitoléique 0,2%, acide oléique 48–51%, acide linoléique 0–2%. Il ressemble au beurre de karité par de nombreuses caractéristiques : point d'écoulement, indice de saponification, point de solidification et composition en acides gras.

Le bois de cœur de *Pentadesma butyracea*, jaunâtre ou brun rosé, se démarque nettement de l'aubier, blanchâtre à rose pâle, qui est assez large. Le fil est droit à légèrement ondé, le grain grossier. C'est un bois lourd dont la densité est de 850–1000 kg/m³ à 12% d'humidité, il est dur et résistant. Il sèche lentement à l'air et se fend peu, mais il peut y avoir du tuilage. Les taux de retrait du bois vert à anhydre sont moyennement élevés : 4,5–4,7% radialement et

8,0–8,7% tangentiellement. A 12% d'humidité, le module de rupture est de 140–270 N/mm², le module d'élasticité de 6900–19 300 N/mm², la compression axiale de 56–101 N/mm², le cisaillement de 17–19 N/mm, la dureté Janka de flanc de 8000 N et la dureté de flanc Chalais-Meudon de 5,0–12,6.
Le bois se scie de manière satisfaisante, mais il peut provoquer l'encrassement des lames de scie et leur surchauffe. Il se rabote, se polit et se moule bien, et le perçage est satisfaisant, en dépit d'une éventuelle surchauffe ; le bois supporte bien le clouage, mais il est assez courant qu'il se fende sous le clou. Il n'est pas durable, car il est sensible aux attaques des foreurs du bois et des térébrants marins, mais relativement résistant aux termites. Le bois de cœur est très résistant à l'imprégnation avec des produits de conservation, l'aubier étant quant à lui moyennement perméable.

Falsifications et succédanés Le beurre de karité de *Vitellaria paradoxa* est souvent préféré au beurre de kanya et il a des propriétés et des usages similaires. Mais il arrive que le beurre de kanya, qui a une meilleure odeur, soit préféré.

Description Arbre sempervirent de taille moyenne à assez grand, atteignant 35 m de haut ; fût cylindrique, atteignant 100–150 cm de diamètre, parfois avec de petits contreforts ou des racines échasses ; écorce rugueuse et écaillée, écorce interne rouge-brun à brune, finement fissurée, exsudant une sève jaune vif ; rameaux anguleux ou côtelés, brun foncé à noirs. Feuilles opposées, en touffes denses terminales, simples et entières ; stipules absentes ; pétiole jusqu'à 2,5 cm de long, trapu ; limbe obovale à oblong-oblancéolé, de 9–25 cm × 3,5–7 cm, base cunéiforme, apex courtement acuminé, coriace, glabre, vert foncé brillant sur le dessus, pennatinervé à nombreuses nervures latérales parallèles, terminées par une nervure marginale, à canaux glandulaires parallèles aux nervures. Inflorescence : thyrse terminal, à 1–7 fleurs. Fleurs bisexuées, régulières, 5-mères, jaunâtres ou blanc verdâtre ; pédicelle de 1–4 cm de long, souvent arqué ; sépales libres, ovales, atteignant 5 cm de long, très inégaux, coriaces ; pétales libres, oblongs à ovales, atteignant 6 cm de long, carénés ; étamines nombreuses, disposées en 5 faisceaux opposés aux pétales, de 4–6,5 cm de long, fusionnées à la base ; glandes du disque 5, alternant avec les pétales, atteignant 0,5 cm de haut ; ovaire supère, ovoïde-ellipsoïde, de 1–2 cm de long, 5-loculaire, style allongé, terminé par 5 lobes



Pentadesma butyracea – 1, base du fût ; 2, rameau en fleurs ; 3, fruit ; 4, graine.
Redessiné et adapté par Achmad Satiri Nurhaman

linéaires étalés atteignant 0,5 cm de long. Fruit : baie ellipsoïde à ovoïde, de 9–15 cm × 6,5–12,5 cm, base entourée du calice, des étamines et des glandes du disque persistants, apex pointu, paroi grossière, brune, coriace, à 5–15 graines. Graines pyramidales, à côtés aplatis ou irrégulières, de 3–4 cm × 2,5–3 cm, brun foncé. Plantule à germination hypogée ; épicotyle rougeâtre, de 10–30 cm de long ; premières feuilles opposées, de 7–16 cm × 2,5–4,5 cm.

Autres données botaniques Le genre *Pentadesma* comprend environ 5 espèces, toutes en Afrique tropicale. Bien que toutes les espèces de *Pentadesma* produisent une matière grasse comestible, il n'y a de données que sur l'usage de *Pentadesma butyracea*.

Croissance et développement Les arbres fleurissent pour la première fois lorsqu'ils font environ 8 m de haut. La floraison a lieu pendant une grande partie de l'année, mais surtout pendant la principale saison des pluies. Au Gabon, les arbres fleurissent de mars à septembre. Les fleurs produisent de grandes quan-

tités de nectar, consommé par les singes qui sont probablement des pollinisateurs importants. Au Gabon, l'arbre donne des fruits principalement d'octobre à décembre, et au Bénin de mars à juin. Ils sont consommés par les éléphants et les singes qui dispersent les graines.

Ecologie *Pentadesma butyracea* est présent dans les forêts pluviales tropicales sur terrain humide ou marécageux, principalement sur les berges des fleuves. Il est inexistant dans les régions où la pluviométrie moyenne est inférieure à 1000 mm par an. Il préfère les sols profonds. Au Ghana, il est fortement associé aux sols lessivés. Au Bénin, il se rencontre naturellement dans les ripisylves.

Multiplication et plantation *Pentadesma butyracea* est multiplié par graines. Les graines saines et mûres qui viennent d'être récoltées germent bien, mais les graines sont très sensibles à la dessiccation et la fermentation. Conservées à l'abri de l'humidité, à 25–36°C, elles perdent rapidement leur viabilité ; à 10–15°C, elles la conservent plus longtemps, mais il est alors difficile de lever leur dormance. On obtient les meilleurs résultats lorsque les graines sont conservées dans des sacs de jute et arrosées régulièrement. Dans la nature, les arbres peuvent aussi se régénérer par drageons.

Récolte Au Bénin, les fruits sont généralement ramassés en avril–juin, surtout par les femmes. Une fois récoltés, on les place sous un arbre et on les recouvre pour accélérer la fermentation de la pulpe et faciliter l'extraction des graines. On estime qu'une femme peut ramasser 15–40 kg de graines par saison.

Rendements En Côte d'Ivoire, selon les estimations, un arbre adulte produit environ 500 fruits, pesant environ 600 g et contenant environ 120 g de graines, ce qui donne environ 60 kg de graines par an.

Traitement après récolte Dans les zones rurales, les fruits sont traités par extraction à l'eau, ce qui est généralement le travail des femmes. Là encore, les fruits ramassés sont placés sous un arbre et recouverts. Au bout de 10 jours, la pulpe s'est décomposée et les graines sont faciles à extraire. Les graines sont ébouillantées et mises à sécher au soleil ou dans un séchoir pour empêcher leur putréfaction. Une fois sèches, on les pile pour les nettoyer et on les retourne chaque jour pour éviter les moisissures. Pour extraire l'huile, on les écrase et on les réduit en une pâte que l'on fait bouillir dans l'eau pour écumer l'huile qui surnage. Le rendement en huile dépasse rarement 35% du poids sec des graines.

Ressources génétiques *Pentadesma butyracea* est répandu et se régénère bien : il ne semble pas être menacé d'érosion génétique.

Perspectives *Pentadesma butyracea* est un arbre polyvalent qui compte dans les rentrées financières des ménages ruraux. La récolte des fruits et l'extraction du beurre sont des activités rentables. Les meilleurs débouchés sont probablement le marché des cosmétiques et des produits pharmaceutiques, auxquels il offre une alternative au beurre de karité. Sa domestication comme espèce de reboisement ou d'agroforesterie mérite qu'on s'y intéresse.

Références principales Adomako, 1977; Aubréville, 1959b; Houngbédji, 1997; Natta et al., 2003; Ouattara, 1999; Schreckenberg, 1996; Sinadouwirou, 2000; Sinsin & Sinadouwirou, 2003; van Meer, 1965.

Autres références Athar & Nasir, 2005; Avocèvou C., 2005; Bamps, 1966; Bolza & Keating, 1972; Falconer & Arnold, 1996; Keay, 1954a; Kershaw, 1982; Kryn & Fobes, 1959; Spirlet, 1959; Takahashi, 1978; Tuani, Cobbinah & Agbodazé, 1994; Voorhoeve, 1979; White & Abernethy, 1997; Wilks & Issembé, 2000.

Sources de l'illustration Keay, 1954a; van Meer, 1965; Wilks & Issembé, 2000.

Auteurs B. Sinsin & C. Avocévou

PYCNANTHUS ANGOLENSIS (Welw.) Warb.

Protologue Notizbl. Königl. Bot. Gart. Berlin 1 : 100 (1895).

Famille Myristicaceae

Nombre de chromosomes $2n = 38$

Synonymes *Pycnanthus kombo* (Baill.) Warb. (1897).

Noms vernaculaires Ilomba, faux muscadier, arbre à suif (Fr). African nutmeg, boxboard (En). Menebantamo (Po). Mkungu mwitu (Sw).

Origine et répartition géographique *Pycnanthus angolensis* se rencontre dans la zone forestière d'Afrique tropicale, depuis le Sénégal et la Guinée jusqu'en Angola, et en passant par la R.D. du Congo jusqu'en Ouganda, en Tanzanie et en Zambie.

Usages Un corps gras jaune à brun rougeâtre, nommé "beurre de kombo" ou "suif d'Angola" est extrait de la graine. En Afrique de l'Ouest et en Afrique centrale, il revêt une grande importance dans la fabrication de savon et pour l'éclairage. Il n'est pas comestible. Les graines, qui ressemblent quelque peu à des noix de muscade (*Myristica fragrans* Houtt.),



Pycnanthus angolensis – sauvage

servent de chandelles. En Afrique centrale, les graines servent d'épice. Traditionnellement, le bois possède une grande valeur comme combustible et il est utilisé pour fabriquer des planches fendues, nommées "calabot" ou "caraboard" dans la zone côtière du Cameroun. Etant facile à travailler, il est utilisé pour fabriquer des bardeaux pour les toits et les murs des maisons locales, ainsi que des planches pour des huisseries de portes et fenêtres. Son fût long et droit rend cet arbre adapté à la fabrication de pirogues. Depuis la Seconde Guerre mondiale, il fournit un important bois d'œuvre pour l'âme de contreplaqué, du placage, des moulures, des garnitures intérieures, de la menuiserie intérieure, des parties de meubles et de la pâte à papier. En agroforesterie, *Pycnanthus angolensis* est conservé ou planté pour faire de l'ombre dans les plantations de café ou de cacao des basses terres humides du Cameroun et souvent, en Ouganda, dans les bananeraies. Les paysans camerounais considèrent qu'il est un bon indicateur de la fertilité des sols. En Ouganda, il a été planté comme arbre d'agrément.

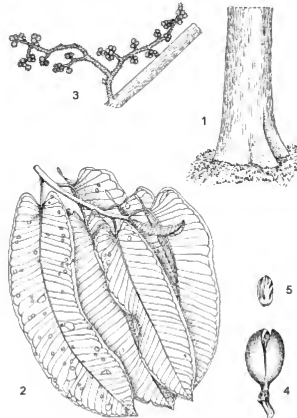
Sur toute sa zone de répartition, des préparations variées d'écorce et, pour une moindre part, d'autres parties de l'arbre, ont un usage médicinal ; elles sont destinées à traiter les infections dermatologiques, particulièrement celles de la bouche. Des préparations à base d'écorce sont utilisées comme purgatif puissant, pour purifier le lait des mères allaitantes et pour traiter la toux et les douleurs de poitrine. Au Ghana, les décoctions d'écorce sont ingérées pour traiter l'anémie, en Côte d'Ivoire elles servent d'antidote et sont utilisées contre les ascites et la lèpre. Au Congo, l'écorce est utilisée pour traiter bon nombre de problèmes gynécologiques, de la stérilité à la gonorrhée. En Côte d'Ivoire, les macérations de racines mélangées avec des parties d'autres plantes sont bues pour traiter la schistosomiase. A São Tomé, l'écorce est utilisée pour traiter le paludisme.

Production et commerce international Aucune information n'est disponible sur le commerce du beurre de kombo. Le commerce du bois d'œuvre "ilomba" a débuté après la Seconde Guerre mondiale, en raison de l'augmentation de la demande en contreplaqué et de l'amélioration des techniques de conservation du bois. Ce bois a également servi de substitut de l'okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre). Le commerce de l'ilomba a augmenté de manière spectaculaire entre 1946 et 1959, passant de 100 à 5600 grumes. Le Gabon et le Cameroun en sont ainsi devenu les premiers gros exportateurs en 1952/1953, suivis par la Côte d'Ivoire en 1954 et le Congo en 1955. Pendant plusieurs années, l'ilomba comptait parmi les bois d'œuvre les plus valorisés d'Afrique centrale. Entre 1950 et 1960, la quantité de bois exporté se chiffrait pour le Gabon à 3000 m³ et pour le Cameroun à 278 000 m³. Depuis 1999, le Cameroun a interdit les exportations de grumes d'ilomba. Les exportations globales ont donc fortement chuté. En 2003, les exportations combinées de placage, de bois scié et de contreplaqué se sont chiffrées pour le Cameroun à 72 m³ et pour le Gabon à 816 m³. Les exportations en provenance du bassin du Congo ont chuté à 0,06% du bois d'œuvre total exporté, soit environ 3000 m³ en 2003. En 2001, 11 000 m³ de placage d'ilomba ont été exportés de Côte d'Ivoire à un prix moyen de US$ 240/m³, et 5000 m³ du Ghana à un prix moyen de US$ 351/m³. Les exportations de contreplaqué en provenance de Côte d'Ivoire se sont chiffrées en 2001 à 3000 m³ pour un prix moyen de US$ 329/m³ et celles en provenance du Ghana en 2002 ont atteint 1000 m³ pour un prix moyen de US$ 456/m³.

Propriétés Les graines de *Pycnanthus angolensis* sont aromatiques, mais aucune information sur leurs composés volatils n'est disponible. Les graines produisent 45–70% d'une matière grasse solide, jaune à brun rougeâtre, nommée "beurre de kombo", dont le goût est amer et qui est adaptée à la fabrication du savon et des chandelles. Les résidus sont utilisés comme engrais car ils sont impropres à l'alimentation animale. Le point de fusion de ce

corps gras est de 51°C. La composition en acides gras du beurre de kombo est : acide laurique 5,5%, acide myristique 61,5%, acide palmitique 3,6%, acide myristoléique 23,6%, acide oléique 5,7%. Le beurre de kombo brut contient environ 20% d'acide kombique (un dérivé dihydroxyméthylphénylé de l'acide hexadécatétraénoïque) et d'acide sargaquinoïque (un dérivé de la quinone), ainsi que plusieurs dérivés de ces acides. Ces acides quinoniques terpénoïdes possèdent de prometteuses propriétés antioxydantes pour la pharmacologie, la cosmétologie et la stabilisation des plastiques. Ils ont également montré des effets hypoglycémiants chez les patients diabétiques.
L'écorce contient de l'acide dihydroguaiarétique qui a démontré une toxicité non sélective pour plusieurs lignées cellulaires tumorales humaines. Les extraits d'écorce ont également révélé la présence de flavonoïdes (2'-hydroxy-formononétine), de tanins et d'hétérosides à saponine, qui peuvent expliquer ces propriétés biologiques. Des quinones terpénoïdes qui ont montré des effets hypoglycémiants chez les diabétiques non insulino-dépendants et insulino-dépendants ont été extraites du tronc et des feuilles.
Le bois de cœur est blanchâtre à brun rosâtre, avec parfois des marques jaunâtres. Il est indistinctement démarqué de l'aubier. Le fil est généralement droit, le grain moyen à grossier. Le bois ne possède aucun reflet et, quand il est fraîchement scié, il dégage une odeur désagréable qui disparaît au séchage.
A 12% d'humidité, la densité est de 440–570 kg/m³. Le bois est assez difficile à sécher, il est prédisposé à l'effondrement, à la fente en bout et à la déformation. Une bonne ventilation est requise en cas de séchage à l'air. Le séchage en séchoir peut donner de bons résultats s'il est conduit avec soin. Les taux de retrait du bois vert au bois anhydre sont de 4,6% radialement et 8,4% tangentiellement. Le séchage de poutres de plus de 55 mm d'épaisseur est très difficile et il est recommandé d'effectuer un étuvage pendant 2 jours. A 12% de teneur en eau, le module de rupture est de 62–72 N/mm², le module d'élasticité de 8300–12 000 N/mm², la compression axiale de 38–39,5 N/mm², le cisaillement de 5,4–8,9 N/mm², le fendage de 13–24 N/mm et la dureté Janka de flanc de 2700–3400 N.
Le bois est facile à scier et à raboter à l'aide d'outils standard ; son effet désaffûtant est modéré. Il est difficile à polir. Le clouage et le vissage sont aisés et la tenue de la visserie est bonne. Le bois peut se tacher au contact des outils. Les opérations de déroulage et de tranchage sont aisées et produisent du placage et du contreplaqué de bonne qualité, mais il est recommandé de procéder à un étuvage en raison de la présence occasionnelle de nombreux petits points durs. Il se colle bien avec tous les types de colle. Il se peint bien, mais il est assez absorbant.
Ce bois n'est pas durable et il est sensible aux attaques de termites, de bostryches, de foreurs et de térébrants marins, mais il est perméable aux produits de conservation.

Description Arbre sempervirent, monoïque ou dioïque, de taille moyenne à grande pouvant atteindre 25–35(–40) m de haut ; fût généralement droit et cylindrique, dépourvu de branches jusqu'à 15(–25) m, atteignant 120(–150) cm de diamètre, en général dépourvu de contreforts ; écorce externe brun grisâtre, avec un exsudat brun-orange ; cime petite, portant des branches à angle droit du fût ; ramilles minces, pendantes, densément couvertes de poils roux. Feuilles alternes distiques, simples et entières, sans stipules ; pétiole de 1–2 cm de long ; limbe oblong à oblong-lancéolé, de 7,5–30(–40) cm × 4,5–11(–16) cm, base cordée, apex acuminé, vert foncé sur le dessus, glauque sur



Pycnanthus angolensis – 1, base du fût ; 2, rameau feuillé ; 3, inflorescence ; 4, fruit ; 5, graine. Redessiné et adapté par Iskak Syamsudin

le dessous, jeunes feuilles duveteuses à poils brun rougeâtre, mais glabrescentes, pennatinervé à 20–40 paires de nervures latérales. Inflorescence : panicule axillaire, souvent présente sur des branches dépourvues de feuilles, de 10–30 cm de long, garnie de poils roux, portant des fleurs en nombreux glomérules capités. Fleurs unisexuées, régulières, très petites, sessiles, à périanthe 3-lobé couvert de poils brun foncé ; fleurs mâles à 2–4 étamines, filets soudés en colonne ; fleurs femelles à ovaire supère sessile, 1-loculaire, à 2 stigmates sessiles. Fruit : drupe ellipsoïde à oblongue ou globuleuse, de 3–4,5 cm × 2–4 cm, en bouquets, orange jaunâtre une fois mûre, paroi du fruit assez dure et solide, épaisse de 2–10 mm, s'ouvrant longitudinalement en 2 valves, contenant 1 graine. Graines ellipsoïdes, aromatiques, de 1,5–3 cm × 1–1,5 cm, brun foncé, avec un arille rose à rouge, lacinié presque jusqu'à la base. Plantule à germination épigée, mais les cotylédons restent dans le tégument.

Autres données botaniques Le genre *Pycnanthus* comprend 3–4 espèces, toutes présentes en Afrique. *Pycnanthus angolensis* est variable, particulièrement en ce qui concerne la pilosité des feuilles, la taille et la forme des fruits, et également la qualité du bois. Deux sous-espèces ont été différenciées : subsp. *angolensis* et subsp. *schweinfurthii* (Warb.) Verdc., cette dernière se rencontrant en R.D. du Congo et en Afrique de l'Est, mais probablement aussi plus à l'ouest ; elle diffère de subsp. *angolensis* par ses plus gros fruits, qui sont souvent plus globuleux et à paroi plus épaisse. Le bois de *Cephalosphaera usambarensis* (Warb.) Warb. et de plusieurs espèces américaines de *Virola* ressemble fortement à celui de *Pycnanthus angolensis*. *Cephalosphaera usambarensis* est limité aux zones orientales du Kenya et de la Tanzanie, où il est parfois utilisé comme bois d'œuvre.

Croissance et développement Les graines de *Pycnanthus angolensis* sont récalcitrantes. La germination dure 16–36 jours. Les cotylédons sont charnus et les deux premières feuilles qui apparaissent au bout de deux mois sont simples, opposées ou alternes, les feuilles suivantes étant alternes. Un système racinaire secondaire profond se développe au cours des sept premiers mois de croissance. Dans les peuplements naturels, de nombreuses plantules lèvent autour de l'arbre mère. Au cours de la première année, la hauteur de la tige atteint 20–30 cm et peut atteindre 50 cm la deuxième année. En Sierra Leone, il a été observé une augmentation annuelle moyenne du diamètre de 1,6–2,4 cm. En raison de son tronc long et droit, le rapport volume/tronc est plus élevé que chez la plupart des autres espèces d'arbres des forêts d'Afrique. *Pycnanthus angolensis* est sempervirent et, à toutes les latitudes de sa zone de répartition, la chute des feuilles et la vague de foliaison se produisent simultanément. La floraison est longue et dépend de l'emplacement de l'arbre. Au Cameroun, il fleurit en octobre–mai, les fleurs mâles et femelles se rencontrant sur des parties différentes du même arbre, et généralement aussi à des périodes différentes ; il fructifie en septembre–avril. La déhiscence se produit sur l'arbre ou l'infrutescence complète tombe avant la déhiscence.

Ecologie *Pycnanthus angolensis* se rencontre en forêt sempervirente humide et d'altitude et en forêt semi-caducifoliée bénéficiant de précipitations supérieures à 1600 mm. Il est particulièrement abondant dans les anciennes jachères et les forêts secondaires, car son taux de recrutement naturel, suite aux perturbations du milieu forestier, est élevé. En Afrique australe, il se rencontre dans les ripisylves et les forêts marécageuses, cependant, en Afrique de l'Ouest, il ne se rencontre pas dans les marais. En Ouganda, on le trouve également dans les forêts galeries. Il se trouve le plus souvent en petits groupes ou en solitaire et il se régénère dans les trouées de petite ou moyenne taille des forêts. Son abondance augmente avec les précipitations, dont l'optimum se situe à environ 2000 mm/an ; à des précipitations supérieures à 2600 mm/an, sa fréquence décroît fortement. Il se rencontre parfois dans les régions où les précipitations ne sont que de 1300 mm avec 4–5 mois secs. Les semis sont très sensibles à la sécheresse. *Pycnanthus angolensis* est un arbre exigeant en lumière, typique de strates forestières dominantes, mais il peut tolérer un léger ombrage quand il est jeune. Il se rencontre jusqu'à 1200(–1400) m d'altitude. *Pycnanthus angolensis* tolère les sols lourds et légers, mais il est rare sur sols sableux, tandis que d'autres références signalent qu'il est fréquemment rencontré sur des sols pauvres.

Multiplication et plantation *Pycnanthus angolensis* se multiplie par graines. Le nombre de graines par kg est d'environ 500. Les jeunes arbres brisés ou coupés recèpent facilement, mais un essai visant à la multiplication végétative par boutures de tiges s'est soldé par un échec. Les graines ne doivent pas être séchées, mais semées dès que possible en raison de leur courte viabilité. La germination est facile et,

dans la mesure où sont apportés les soins adéquats, le taux de germination des graines fraîches peut atteindre 100%. Tremper les graines dans l'eau froide pendant 24 heures accélère la germination. Si les graines ne sont pas triées, le taux de germination est d'environ 50%. Les graines peuvent être semées directement au champ ou en pépinière de plein champ, de préférence dans des sachets de polyéthylène. Il est important de protéger les graines des rongeurs. Un mélange de sable et de terre arable (50/50) constitue un substrat adapté à la germination. Les semis forment rapidement une grande racine pivotante, dont le développement doit être vérifié en pépinière. Couper la racine pivotante quand elle a atteint une grande taille réduit fortement le taux de croissance de la plante. Il est conseillé de transplanter les semis au bout de 1–2 ans, quand ils ont atteint 30–50 cm de haut, au début de la saison des pluies. Il est recommandé de pratiquer un paillage léger. Autrefois, dans les basses terres humides du Cameroun, les paysans protégeaient ou transplantaient les semis récoltés dans la nature quand ils défrichaient de nouveaux champs. Pour améliorer la croissance, on peut appliquer du compost ou des engrais chimiques. En semis direct au champ, il est recommandé de semer 3–5 graines par trou et de ne conserver qu'une plante après la germination. L'espacement au champ était jadis de 4 m × 5 m, mais les dernières recommandations indiquent 9 m × 10 m (110 arbres/ha).

Gestion La protection d'arbres sauvages de *Pycnanthus angolensis* a longtemps été pratiquée par les paysans dans les forêts humides des basses terres d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique centrale. Dans les plantations, l'éclaircissage initial doit être effectué quand les arbres sont âgés d'environ 7 ans, afin de réduire la densité à 300–350 arbres/ha ; quand les arbres approchent l'âge de 12 ans, un second éclaircissage doit réduire la densité à 150–200 arbres/ha.

Maladies et ravageurs Bien que ses feuilles soient souvent abîmées par de petits trous, aucune maladie ou aucun ravageur important n'a été détecté chez *Pycnanthus angolensis*, que ce soit dans la nature ou dans les plantations. D'un point de vue phytosanitaire, la sylviculture de l'espèce est très facile. Cependant, certaines attaques sporadiques d'insectes (*Monochamus scabiosus*, *Mallodon downesi*, *Bryochaeta interrupta*) et de champignons (*Ophiostoma* sp., *Microthyriella* sp.) ont été rapportées en Côte d'Ivoire, au Cameroun et au Gabon.

Récolte Dans de bonnes plantations situées dans la zone de forêts sempervirentes, un diamètre exploitable de 50 cm est atteint quand les arbres sont âgés de 30 ans ; à 45 ans, le diamètre atteint 60 cm.

Rendements Il existe peu d'informations sur le rendement en graines ; un arbre moyen peut produire 60–100 graines par an. Dans les plantations poussant correctement, l'accroissement annuel au bout de 15 ans est de 15 m^3/ha/an, au bout de 30 ans il peut atteindre 10 m^3/ha/an.

Traitement après récolte Les grumes doivent subir un traitement de conservation et être transformées peu de temps après l'abattage pour éviter la décoloration due aux champignons et les dégâts occasionnés par les insectes. Les grumes flottent et se transportent par voie fluviale.

Ressources génétiques En raison de sa large répartition et de sa présence dans les forêts secondaires, il existe peu de risques qu'il soit menacé d'érosion génétique. Aucun programme de conservation génétique n'est connu.

Sélection En agroforesterie, *Pycnanthus angolensis* est l'une des espèces d'arbres de la forêt humide des basses terres d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique centrale les plus importantes identifiées par le World Agroforestry Centre (ICRAF) pour un programme de domestication.

Perspectives *Pycnanthus angolensis* est une plante médicinale importante dans les zones forestières humides. Il est traditionnellement protégé par les paysans lors des déboisements. De grandes quantités de bois d'œuvre ont jadis été exportées, mais les volumes ont fortement chuté récemment. Lors de ces dernières années, les exportations de placage et de contreplaqué ont été plus importantes. Il faudrait rechercher de nouveaux créneaux pour exploiter l'huile et les propriétés médicinales de cette plante. Toutefois, comme c'est une espèce à croissance assez rapide peu sensible aux maladies et aux ravageurs, *Pycnanthus angolensis* semble offrir de bonnes perspectives pour les plantations de bois d'œuvre et pour la gestion durable des forêts de production naturelles.

Références principales Borie, 2000; CTFT, 1975; Duguma, Tonye & Depommier, 1990; Katende, Birnie & Tengnäs, 1995; Mapongmetsem et al., 1995; Mapongmetsem et al., 1999; Mapongmetsem, Nkongmeneck & Duguma, 2002; Normand & Paquis, 1976; Richter & Dallwitz, 2000; Verdcourt, 1997.

Autres références Adjanohoun et al., 1996;

Adjanohoun et al., 1991; ATIBT, 2004; Berhaut, 1979; CTFT, 1961; Dalziel, 1937; Dounias, 1995; Forest Product Laboratory, 1999; Irvine, 1961; Laird, 1999; Letouzey, 1955; Luo et al., 1999; Mapongmetsem et al., 1999a; Miquel, 1985; Pérez et al., 2005; Pope, 1997; Raponda-Walker & Sillans, 1961; Simon et al., 2005; Taylor, 1960; Vabi & Mala'a, 1995; World Agroforestry Centre, undated.

Sources de l'illustration Verdcourt, 1997; Voorhoeve, 1965; Wilks & Issembé, 2000.

Auteurs P.-M. Mapongmetsem

RICINODENDRON HEUDELOTII (Baill.) Pierre ex Heckel

Protologue Ann. Inst. Bot.-Géol. Colon. Marseille 5(2) : 40 (1898).

Famille Euphorbiaceae

Nombre de chromosomes $2n = 22$

Synonymes *Ricinodendron africanum* Müll. Arg. (1864).

Noms vernaculaires Essang, essessang (Fr). Groundnut tree, corkwood tree, African oil-nut tree (En). Menguela, munguella (Po). Muawa (Sw).

Origine et répartition géographique L'aire de répartition de *Ricinodendron heudelotii* s'étend depuis le sud du Sénégal jusqu'au Kenya, et vers le sud jusqu'à l'Angola et au Mozambique.

Usages Les graines de *Ricinodendron heudelotii* sont largement utilisées pour la cuisine en Afrique occidentale et centrale. On en extrait une huile comestible, et on utilise parfois la pâte obtenue en pilant les amandes séchées pour épaissir les soupes et les ragoûts. On conserve aussi une pâte obtenue à partir des



Ricinodendron heudelotii – sauvage

amandes séchées et pilées pour faire des bouillies en période de disette. Les feuilles riches en protéines sont consommées comme légume cuit avec du poisson séché, et on les emploie comme fourrage pour les chèvres et les moutons.

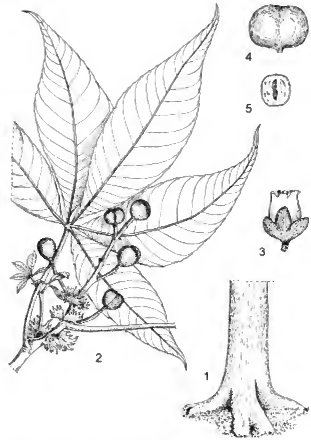
Le bois, commercialisé sous les noms de "erimado" ou "essessang", est très léger, tendre et périssable, mais il est parfois utilisé pour la sculpture et pour faire des ustensiles ménagers, des meubles, des caisses et cageots. En Ouganda, les Semlikis et les Unyoros l'emploient pour faire des portes de cases, tandis que dans le sud du Nigeria et en R.D. du Congo, on en confectionne des tambours d'une bonne sonorité. C'est un substitut potentiel du balsa (*Ochroma pyramydale* (Cav. ex Lam.) Urb.) pour faire des flotteurs et des ceintures de sauvetage. Il convient également pour la construction d'embarcations, les articles de sport, les jouets et articles de fantaisie, les panneaux de fibres et de particules, le contreplaqué, la laine de bois et la pâte de bois. La cendre du bois est employée comme sel végétal en cuisine, pour la teinture d'indigo et la fabrication de savon. Les graines sont utilisées pour faire des grelots et comme jetons dans les jeux. Dans le Bas Congo (R.D. du Congo), l'arbre est planté pour attirer des chenilles comestibles (*Imbrasia epimethea*), et on en récolte plusieurs autres chenilles comestibles. Les feuilles sont utilisées comme matériau d'emballage et comme paillis. En R.D. du Congo, *Ricinodendron heudelotii* est planté comme arbre d'agrément, en haie vive et pour lutter contre l'érosion.

De nombreuses parties de l'arbre sont employées comme médicaments. L'écorce des racines et du tronc est employée en décoction ou en lotion pour soigner la constipation, la toux, la dysenterie, les rhumatismes, le rachitisme chez les enfants, l'œdème, l'éléphantiasis, les mycoses, la blennorragie, les menstruations douloureuses, et pour prévenir l'avortement, calmer les douleurs de la grossesse, guérir la stérilité féminine, donner de la vigueur aux nouveaux-nés prématurés, et faire mûrir les abcès, furoncles et bubons. Le jus est instillé dans l'œil contre les filaires et l'ophtalmie, et les décoctions de feuilles sont employées comme fébrifuge. Les feuilles sont également employées pour traiter la dysenterie, la stérilité féminine, l'œdème et les maux d'estomac. Les racines sont employées en Côte d'Ivoire comme aphrodisiaque. Les fruits et le latex sont employés en Afrique de l'Ouest pour traiter la blennorragie et la diarrhée.

Production et commerce international Les amandes de *Ricinodendron heudelotii* sont commercialisées internationalement, et on les trouve sur de nombreux marchés d'Afrique occidentale et centrale ; elles sont exportées du Cameroun vers l'Europe sous le nom de "ndjanssang". La zone de forêt humide du Cameroun s'avère être la principale zone de production. En 1995, il a été commercialisé 36 000 kg de graines dans cette zone, pour une valeur totale d'environ US$ 79 000.

Propriétés Les graines sèches de *Ricinodendron heudelotii* contiennent en moyenne par 100 g : eau 6 g, énergie 2200 kJ (530 kcal), protéines 21 g, lipides 43 g, glucides 23 g, Ca 611 mg, P 926 mg, Fe 0,4 mg, thiamine 10 µg, traces de riboflavine et niacine (Leung, Busson & Jardin, 1968). Certaines sources indiquent une teneur en matière grasse atteignant 60%. Cette matière grasse est jaune pâle et liquide, mais un peu visqueuse à température ambiante. Sa composition en acides gras est la suivante : acide palmitique 6–10%, acide stéarique 6–7%, acide oléique 7–9%, acide linoléique 28–36%, acide α-éléostéarique 30–51%. Elle contient également de faibles quantités d'acide β-éléostéarique, acide catalpique, acide gadoléique et acide lignocérique. Exposée à l'air en fine couche, elle sèche en formant un film mat ; si elle est chauffée au préalable à 280°C, elle sèche en formant un film dur transparent.
Le bois de cœur est blanchâtre à jaune pâle, et ne se distingue pas de l'aubier. Sa couleur fonce par exposition à la lumière. Le fil est droit, le grain grossier et régulier. C'est un bois léger, d'une densité de 130–300 kg/m^3, et il est tendre et cassant. Il sèche rapidement avec peu ou pas de dégradation. Les taux de retrait sont faibles : de l'état vert à anhydre de 1,9–2,4% dans le sens radial et 4,7–5,4% dans le sens tangentiel. A 12% d'humidité, le module de rupture est de 29–46 N/mm^2, le module d'élasticité de 3700–4800 N/mm^2, la compression axiale de 14–21 N/mm^2, le cisaillement de 2,2–3,2 N/mm^2, le fendage de 5,0–7,3 N/mm (sens tangentiel), et la dureté de flanc Chalais-Meudon de 0,2–0,6.
Le bois se scie et se travaille aisément, et se cloue sans se fendre, mais le tournage et le rabotage sont difficiles. Il est sujet à la pourriture et aux attaques de termites, de bostryches et de térébrants marins. Il est perméable aux produits de préservation.

Description Arbre caducifolié, dioïque, de moyenne grandeur, atteignant 30(–45) m de haut ; fût rectiligne et cylindrique, jusqu'à 120(–150) cm de diamètre, base avec des contreforts courts et épais, se prolongeant souvent en fortes racines superficielles ; écorce externe tout d'abord lisse, puis devenant rugueuse et fissurée, grise ; écorce interne rose à rouge, densément mouchetée et granuleuse ; cime en forme de candélabre, souvent avec de nombreuses branches brisées ; rameaux à lenticelles éparses, densément couverts de poils étoilés bruns mais devenant rapidement glabrescents, à moelle épaisse. Feuilles alternes, composées palmées à (3–)5–7(–8) folioles ; stipules en éventail, de 1–5 cm × 1,5–4 cm, avec des dents terminées par des glandes, persistantes ; pétiole jusqu'à 5–30(–40) cm de long ; folioles obovales à elliptiques-lancéolées, foliole médiane de 10–30 cm × 5–15 cm, folioles latérales plus petites, base cunéiforme, apex longuement acuminé, bord presque entier à superficiellement denté à dents glanduleuses, finement papyracées, glabres en dessus, glabres à densément couvertes de poils étoilés en dessous. Inflorescence : panicule terminale, den-



Ricinodendron heudelotii – 1, base du fût ; 2, partie de rameau avec de jeunes fruits ; 3, fleur mâle ; 4, fruit ; 5, graine.
Redessiné et adapté par Iskak Syamsudin

sément couverte de poils étoilés mais glabrescente ; bractées alénées à linéaires, de 3–7 mm de long ; inflorescence mâle jusqu'à 40 cm de long ; inflorescence femelle jusqu'à 20 cm de long. Fleurs unisexuées, régulières, (4–)5-mères, pédicellées ; sépales soudés à la base, d'environ 4 mm de long, densément couverts de poils étoilés ; pétales cohérents latéralement, oblongs, d'environ 6 mm de long, blanc verdâtre à jaune pâle ; lobes du disque jaunâtres ; fleurs mâles à 6–14 étamines d'environ 6 mm de long ; fleurs femelles à ovaire supère, globuleux, 2–3-loculaire, couvert de poils étoilés, styles 2–3, bifides. Fruit : drupe 2–3-lobée, de 2,5–3,5 cm × 4–5 cm, verte lorsque jeune, noire à maturité, chaque lobe à un noyau renfermant 1 seule graine. Graines globuleuses, d'environ 1,5 cm de diamètre, brun rougeâtre à noires. Plantule à germination épigée ; hypocotyle jusqu'à 20 cm de long, épicotyle court ; cotylédons à pétiole de 1,5–2,5 cm de long, limbe foliacé, de 6–7 cm × 5–6 cm, glanduleux sur les bords, palmatinervé ; première feuille 3-lobée.

Autres données botaniques Le genre *Ricinodendron* comprend une seule espèce. Il est étroitement apparenté au genre *Schinziophyton*. On reconnaît dans *Ricinodendron heudelotii* 2 sous-espèces : subsp. *heudelotii* que l'on trouve du Sénégal au Bénin, et subsp. *africanum* (Müll.Arg.) J.Léonard à partir du Nigeria vers l'est et vers le sud. Le premier a des fruits surtout 3-lobés, tandis que chez le second les fruits 2-lobés sont plus communs.

Croissance et développement Les racines de *Ricinodendron heudelotii* poussent en profondeur et causent peu de concurrence avec les cultures proches pour les éléments nutritifs et l'eau dans les couches superficielles du sol. L'arbre commence à porter des fruits à l'âge de 8–10 ans. En Sierra Leone, la floraison a lieu en avril–mai, et les fruits se forment en septembre–octobre ; les arbres sont défeuillés pendant quelques semaines au moment où les fruits tombent. Dans le centre du Cameroun, les fruits sont récoltés en juillet–septembre. On pense que les chauves-souris, les calaos et les rongeurs contribuent à la dispersion des graines. Les fruits éclatent aussi et dispersent leurs graines en tombant sur le sol.

Ecologie *Ricinodendron heudelotii* pousse dans des clairières de la forêt pluviale ; il est caractéristique des forêts secondaires humides et est commun sur les champs abandonnés à 200–500 m d'altitude. La pluviométrie annuelle minimale requise est de l'ordre de 1000 mm, mais la pluviométrie annuelle peut aller jusqu'à 10 000 mm/an comme à Dibunscha au Cameroun. C'est une essence de lumière à croissance rapide, demandant des températures annuelles moyennes de 18–32°C. Il préfère des sols acides à texture moyenne, bien drainés.

Multiplication et plantation Les graines commencent à germer 3–6 semaines après le semis. Une scarification avant le semis accélère la germination. La multiplication végétative est possible par enracinement de boutures de rameaux feuillés, par marcottage et par greffage latéral.

Gestion On a encore peu d'expérience de la conduite de plantations de *Ricinodendron heudelotii*. Des essais sont en cours à l'ICRAF au Cameroun. En R.D. du Congo on plante quelquefois des pieux pour créer une haie vive, du fait qu'ils prennent aisément racine. Bien que l'arbre perde ses feuilles durant la saison sèche, certains agriculteurs du Cameroun l'emploient comme arbre d'ombrage sur des cultures de rente telles que cacaoyers. La coupe en taillis est possible, mais les informations sur le recrû sont contradictoires.

Maladies et ravageurs On a signalé des chenilles phyllophages sur *Ricinodendron heudelotii* en R.D. du Congo, telles que *Lobobunaea phaedusa*, *Imbrasia* spp., et une chenille connue localement sous le nom de "mimpemba". Cependant, ces chenilles représentent en même temps une importante source de protéines pour la population locale. Au Cameroun, un psylle (*Diclidophlebia xuani*) et des pucerons ont été signalés comme causant des dommages sérieux sur les jeunes plantes.

Récolte Les fruits tombés sont ramassés sur le sol.

Traitement après récolte Après leur récolte, on met les fruits en grands tas pour les laisser se décomposer. Une fois la pulpe décomposée, on en extrait les noyaux en les lavant et les faisant bouillir vigoureusement. Ensuite on sort les noyaux de l'eau chaude, et on les place dans de l'eau froide où on les laisse une nuit. On les met à nouveau à bouillir vigoureusement jusqu'à ce que les coques craquent. On extrait alors les amandes à l'aide d'un couteau, et on les sèche.

Les grumes abattues pour le bois d'œuvre doivent être débardées et débitées rapidement car elles sont sujettes aux taches colorées.

Ressources génétiques *Ricinodendron heudelotii* est très répandu en Afrique tropicale, et présente une large variation génétique. A l'intérieur d'un échantillon de 47 entrées, on a trouvé une variation considérable dans la taille

des fruits, la taille des graines et leur teneur en huile (49–63%). En raison de sa vaste répartition et de sa fréquence dans les forêts secondaires et les champs cultivés, il n'y a pas de risque d'érosion génétique. On n'en connaît pas de collection de ressources génétiques.

Sélection La domestication de *Ricinodendron heudelotii* a débuté récemment au Programme de domestication des arbres du Centre mondial d'agroforesterie (ICRAF) au Cameroun. Le travail de sélection n'en est encore qu'à ses débuts. On a identifié les caractères préférés des agriculteurs. Ce sont les suivants : rendement élevé, longue saison de fructification, stabilité des rendements, coque fine, noyaux se cassant spontanément, bon goût. Il apparaît que la taille des fruits n'est que faiblement corrélée avec celle des graines. Le caractère de coque se cassant spontanément n'est pas en relation avec l'épaisseur de la coque.

Perspectives L'intensification continue de l'agriculture dans l'Afrique tropicale humide reposera de manière croissante sur des espèces ligneuses domestiquées, à croissance rapide, à usages multiples, qui s'intègrent bien dans des systèmes agroforestiers. Si l'on peut réaliser des sélections qui répondent aux besoins des agriculteurs et mettre au point des modes de conduite appropriés, *Ricinodendron heudelotii* a des chances de devenir un élément important de tels systèmes et de contribuer à la demande régionale en huile comestible et industrielle.

Références principales Anigbogu, 1996; Ayuk et al., 1999a; Fondoun, Tiki Manga & Kengue, 1999; Franzel, Jaenicke & Janssen, 1996; Latham, 2004; Ndoye, Ruiz-Pérez & Eyebe, 1998; Ngo Mpeck et al., 2003; Shiembo, Newton & Leakey, 1997; Tchoundjeu & Atangana, 2006; Tiki Manga et al., 2000.

Autres références Beentje, 1994; Berhaut, 1975; Burkill, 1994; Firestone, 1999; Katende, Birnie & Tengnäs, 1995; Léonard, 1962; Leung, Busson & Jardin, 1968; Radcliffe-Smith, 1987; Richter & Dallwitz, 2000; Tabuna, 1999; Tane, 1997; Tchiegang et al., 1997.

Sources de l'illustration Govaerts, Frodin & Radcliffe-Smith, 2000; Radcliffe-Smith, 1987; Wilks & Issembé, 2000.

Auteurs Z. Tchoundjeu & A.R. Atangana

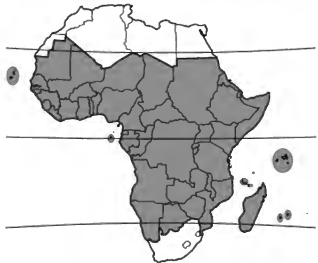
RICINUS COMMUNIS L.

Protologue Sp. pl. 2: 1007 (1753).
Famille Euphorbiaceae
Nombre de chromosomes $2n = 20$

Noms vernaculaires Ricin (Fr). Castor, castor oil plant (En). Rícino, carrapateiro, mamoneiro, bafureira (Po). Mbarika, mbono mdogo, mnyonyo (Sw).

Origine et répartition géographique *Ricinus communis* est indigène du nord-est de l'Afrique tropicale. Déjà cultivé pour son huile en Egypte il y a quelque 6000 ans, il n'a pas tardé à se propager sur tout le pourtour méditerranéen, au Moyen-Orient et en Inde. Il est désormais largement cultivé dans la plupart des régions tropicales et subtropicales sèches de même que dans de nombreuses régions tempérées dotées d'un été chaud. Il se naturalise facilement et pousse dans de nombreux endroits comme plante rudérale. *Ricinus communis* est présent sur tout le continent africain, de la côte atlantique à la mer Rouge et de la Tunisie à l'Afrique du Sud ainsi que dans les îles de l'océan Indien.

Usages Près de 95% des graines de ricin servent à l'extraction d'une huile, qui est composée essentiellement de triglycérides de l'acide ricinoléique, et n'est ni siccative ni comestible. Elle est traditionnellement employée pour l'éclairage et en médecine. Comme huile lampante, elle passe pour donner une lumière plus froide et plus vive que d'autres huiles minérales et végétales, pour brûler plus régulièrement, et pour dégager peu de suie. Désormais, elle n'est plus guère utilisée que dans les régions rurales et même là, elle est souvent coupée de kérosène ou le remplace. Actuellement, l'huile de ricin



Ricinus communis – sauvage et planté

est principalement utilisée comme un lubrifiant de très bonne qualité et comme matière première polyvalente dans l'industrie chimique. En tant que lubrifiant, elle a longtemps été employée pour les charrettes et les pompes à godets. Elle se caractérise par une grande onctuosité, une grande viscosité qui demeure constante malgré de grands écarts de températures, et par une insolubilité dans les hydrocarbures aliphatiques, ce qui fait qu'elle convient parfaitement pour du matériel devant être utilisé dans des conditions extrêmes, dans les zones arctiques par exemple et dans l'aviation. Un autre usage spécifique de l'huile de ricin est la fabrication de caoutchouc, où elle évite la coagulation des rognures de caoutchouc. Très purifiée, l'huile de ricin propre à la consommation sert d'agent anti-adhésif pour les moules à pâtisserie et comme lubrifiant de machines dans l'industrie alimentaire. Elle est d'ailleurs employée comme plastifiant dans l'industrie de l'enrobage, comme dispersant de teinture et comme agent de charge dans les cosmétiques tels que les rouges à lèvres, les vernis à ongles et les shampooings. La saponification de l'huile de ricin donne un savon clair, transparent. La fibre de jute lavée avec ce savon prend un aspect brillant et soyeux. Ce n'est pas un bon détergent, mais il est facilement hydrosoluble.

L'oxydation partielle de l'huile de ricin dans l'air à environ 100°C donne une "huile soufflée", qui reste fluide à basse température, est l'un des principaux composants des fluides hydrauliques et des liquides de freins et sert de plastifiant pour les encres, les laques et le cuir. La déshydratation de l'huile de ricin a pour effet de la rendre très claire, inodore, siccative ; cette huile sert alors à fabriquer des résines alkydes, époxy et acryliques qui sont employées dans les peintures et les vernis de haute tenue, par ex. pour les réfrigérateurs et autres matériels de cuisine. L'huile de ricin hydrogénée donne une cire dure et fragile, inodore, servant essentiellement à modifier les qualités d'autres cires. Son principal composé, l'acide hydroxystéarique, est utilisé dans les lubrifiants, les isolants et les tensio-actifs ainsi que dans la fabrication de peintures qui ne coulent pas. Si l'on traite l'huile de ricin à l'acide sulfurique, on obtient une "huile pour rouge turc" hydrosoluble. Elle est utilisée comme mouillant dans la teinture du coton et du lin, comme anti-mousse dans l'industrie sucrière, de même qu'en tannerie et en pelleterie.

Le fractionnement de l'acide ricinoléique donne un certain nombre de composés qui conviennent particulièrement à la fabrication de lubrifiants et de polymères synthétiques de qualité tels que des polyamides (nylon 11, nylon 6,10) et des polyuréthanes dont la mise au point est plus récente. Parmi les autres produits dérivés du fractionnement de l'acide ricinoléique, citons les produits chimiques aromatiques, l'acide sébacique utilisé dans la fabrication des lubrifiants de réacteurs, les détergents synthétiques et les additifs pour insecticides. L'huile de ricin est à ce point importante en chimie qu'aux Etats-Unis elle a été déclarée "matière stratégique" dont les réserves doivent être assurées en quantités suffisantes à tout moment.

En médecine, l'huile de ricin est principalement utilisée comme purgatif. En Afrique du Sud, on parle couramment de la "bouteille bleue" en raison de la fameuse fiole bleue dans laquelle elle était emballée et vendue. Son goût répugnant faisait le cauchemar des enfants. De nos jours, on l'emploie parfois en émulsion sucrée et aromatisée ou sous forme de capsules. Elle stimule le péristaltisme en irritant la muqueuse intestinale mais provoque peu de coliques. Elle est aussi appliquée comme émollient dans le traitement des plaies et comme solvant pour les collyres antibiotiques. L'huile de ricin neutre sulfatée peut remplacer le savon dans certains cas de dermites de contact. Elle a été utilisée comme abortif, et est administrée oralement, seule ou avec du sulfate de quinine, pour déclencher l'accouchement dans les grossesses à terme. L'acide ricinoléique issu de l'huile entre dans la composition de crèmes et de gelées contraceptives.

Le tourteau de graines de ricin est toxique et allergène et il est surtout utilisé comme engrais ou comme carburant. Des méthodes destinées à détoxifier les tourteaux et à les rendre propres à l'alimentation animale ont été mises au point, mais, même une fois traités, ceux-ci peuvent conserver une certaine toxicité à laquelle les chevaux sont particulièrement sensibles. Un autre produit issu des tourteaux est une lipase utilisée dans la transformation industrielle des graisses.

En Chine et en Asie tropicale, les feuilles de ricin permettent de traiter les maladies de peau. Elles servent aussi à nourrir le ver à soie eri (*Philosamia ricini*). Bien que légèrement toxiques, les feuilles arrivées à maturité sont de temps à autre utilisées comme fourrage, mais il faut alors redoubler de prudence afin d'éviter les jeunes feuilles, car ce sont elles les plus toxiques. En Corée, les feuilles mûres sont séchées et conservées jusqu'à l'hiver où elles

sont consommées comme légume ; au Bengale (Inde), ce sont les jeunes fruits qui sont consommés. Le ricin est communément cultivé comme plante ornementale.

Production et commerce international Entre 1985 et 2005, la production mondiale annuelle de graines de ricin est passée progressivement à 1,4 million de tonnes, tandis que la surface cultivée fluctuait autour de 1,4 million d'hectare. En 2005, les premiers producteurs de graines de ricin étaient l'Inde (870 000 t), la Chine (268 000 t) et le Brésil (177 000 t). En Afrique, l'Ethiopie (15 000 t), l'Afrique du Sud (4900 t), l'Angola (3500 t), le Kenya (1000 t) et la Tanzanie (1000 t) sont d'importants producteurs. La plupart des graines de ricin sont transformées dans les pays de production. Au rang des premiers importateurs figurent la France, les Etats-Unis, l'Allemagne et le Japon. Les informations concernant les superficies cultivées et les rendements ne donnent pas une idée précise de la production actuelle dans un pays donné puisque la plupart du ricin est récolté à l'état sauvage et que la culture pure du ricin par des paysans fait figure d'exception.

Propriétés Par 100 g, les graines de ricin contiennent approximativement : eau 5 g, protéines 15–30 g, lipides 43–53 g, glucides 7–10 g, fibres brutes 15–25 g, cendres 2–3,8 g. La graine et dans une moindre mesure les autres parties de la plante contiennent des protéines extrêmement toxiques, un alcaloïde toxique (la ricinine) et des allergènes. L'huile n'est pas siccative, elle est visqueuse, presque incolore, transparente et se caractérise par une odeur et un goût bien particuliers. De tous les oléagineux, c'est le ricin dont la viscosité de l'huile est la plus élevée ; l'acide ricinoléique, qui représente près de 90% des acides gras, confère à l'huile sa spécificité. Parmi les autres acides gras on trouve : acide palmitique (2%), acide stéarique (1%), acide oléique (7%), acide linoléique (3%).

L'acide ricinoléique (acide 12-hydroxy-9-octadécénoïque) a une seule double liaison et se caractérise aussi par un groupe hydroxyle. La dessiccation de l'huile de ricin, procédé par lequel une partie de l'acide ricinoléique est transformée en acide poly-insaturé, donne une huile siccative dont les propriétés sont avantageusement comparables à celles de l'huile d'abrasin et de lin. Elle est utilisée en peinture, pour les vernis, les cires et les résines époxy. L'hydrogénation de l'huile de ricin, procédé par lequel l'acide ricinoléique est transformé, partiellement ou totalement, en acide 12-hydroxystéarique, permet d'obtenir une cire dure et cassante. L'huile soufflée, c'est-à-dire l'huile oxydée et en partie polymérisée en y faisant barboter de fines particules d'air à 80–130°C, est une des principales composantes des fluides hydrauliques. En imprimerie, elle permet de réduire l'absorption d'eau et d'améliorer le séchage des encres.

Une fois l'huile pressée ou extraite des graines, les protéines toxiques restent dans le tourteau. Les principales protéines toxiques sont la "ricine", une puissante cytotoxine, et l' "ARC" (agglutinine de Ricinus communis), une puissante hémagglutinine. L'intoxication par ingestion de graines de ricin est due à la ricine, l'ARC ne perforant pas les parois de l'intestin. La ricine est particulièrement toxique par voie parentérale, 1 mg étant la dose létale chez l'adulte. Elle inhibe de manière irréversible l'activité des ribosomes ; une seule molécule, qui perfore une cellule, peut inactiver plus de 1500 ribosomes par minute. En raison de son extrême toxicité, la ricine est inscrite au Tableau 1 de la Convention sur les armes chimiques (1994) qui impose des limitations draconiennes ainsi qu'un contrôle de sa production, de son transport et de son utilisation. La molécule de ricine se compose de 2 parties : la première responsable de son transfert à travers la paroi cellulaire, la seconde étant la toxine elle-même. La recherche pharmacologique poursuit ses travaux pour allier la partie toxique de la ricine aux anticorps monoclonaux et polyclonaux dans la mise au point d'immunotoxines destinées au traitement du cancer et du SIDA.

La ricinine, alcaloïde pyridine-carbonitrile, est un agent convulsivant ; elle provoque une insuffisance respiratoire. A faibles doses, elle améliore la fixation mnémonique. Les graines de ricin sont allergènes. Elles peuvent entraîner des réactions asthmatiques chez les personnes sensibles, mais d'autres peuvent travailler dans des usines de traitement de ricin pendant des années sans montrer une quelconque sensibilité. En tant qu'arôme, l'huile de ricin a été "généralement reconnue inoffensive" (GRAS), par ex. aux Etats-Unis.

L'huile est très employée dans les études physiologiques qui s'attachent à expliquer les mécanismes qui entrent en jeu dans le transport du phloème.

Falsifications et succédanés L'huile de ricin est quelquefois mélangée à de l'huile de colophane (un produit issu des pins), à des huiles soufflées et à d'autres huiles non chauffées d'arachide, de coprah, de sésame, de colza ou de

coton. L'ajout de l'une d'entre elles diminue la valeur acétyle. L'huile de colophane est décelée par l'augmentation de matière insaponifiable, tandis que l'ajout d'autres huiles non soufflées diminue la densité et la viscosité et augmente la solubilité du produit dans l'éther de pétrole.

Description Arbuste ou petit arbre sempervirent, glabre, au bois tendre, souvent cultivé comme plante annuelle, atteignant 7 m de haut ; racine pivotante puissante à racines latérales marquées ; tige et branches à nœuds visibles et cicatrices annulaires, pousses généralement glauques, parfois vertes ou rouges ; glandes souvent présentes aux nœuds, sur les pétioles et sur les principaux axes d'inflorescences. Feuilles disposées en spirale, simples ; stipules de 1–3 cm de long, enserrant la tige, caduques ; pétiole de 3,5–50 cm de long, cylindrique ; limbe 5–12-palmatilobé, atteignant 50(–70) cm de diamètre, membraneux, lobes acuminés, lobe médian jusqu'à 8(–20) cm de long, bords à dents glandulaires. Inflorescence : panicule terminale érigée, paraissant ensuite latérale quand une tige la dépasse, atteignant 40 cm de long, généralement glauque, composée de cymes. Fleurs unisexuées, régulières, à pédicelle court, de 1–1,5 cm de diamètre ; lobes du calice 3–5, aigus ; corolle absente ; fleurs mâles près de la base de l'inflorescence, à nombreuses étamines disposées en bouquets ramifiés ; fleurs femelles près du sommet de l'inflorescence, à sépales précocement caduques, ovaire supère, 3-loculaire, généralement à épines molles, styles 3, rouges ou verts, 2-fides. Fruit : capsule ellipsoïde à globuleuse, légèrement 3-lobée, de 1,5–2,5 cm de long, brune, épineuse ou lisse, déhiscente en 3 méricarpes s'ouvrant chacun par une valve et contenant 1 graine. Graines ellipsoïdes, de 9–17 mm de long, comprimées, avec un tégument fragile, marbré, luisant et une nette caroncule à la base ; albumen abondant, blanc ; cotylédons minces. Plantule à germination épigée ; cotylédons pétiolés, largement oblongs, atteignant 7 cm de long, plats, à bords entiers ; premières feuilles opposées.



Ricinus communis – 1, rameau feuillé ; 2, inflorescence ; 3, infrutescence ; 4, graine.
Source: PROSEA

Autres données botaniques Le genre *Ricinus* comprend une seule espèce. *Ricinus communis* montre une variation considérable, notamment par la taille de la plante, sa longévité, la forme et la taille du fruit et de la graine ainsi que les dessins et la couleur du tégument. Les innombrables variétés sont tellement liées par des formes intermédiaires et elles s'hybrident si facilement lorsqu'elles sont en contact qu'il n'est pas raisonnable de les considérer comme des taxons séparés. Les différences de couleur des feuilles, des tiges et des inflorescences ont permis de sélectionner de nombreux variants horticoles qui peuvent être classés dans des groupes de cultivars. Dans bien des pays, on distingue les types rouges et les types blancs en fonction de la couleur des jeunes pousses. A l'intérieur même de ces groupes, on reconnaît les cultivars aux caractéristiques de la graine.

Croissance et développement Les plantules de ricin lèvent entre 10–20 jours après le semis. Le développement de la plante suit le modèle de croissance de Leeuwenberg selon lequel les bourgeons apicaux meurent systématiquement après une poussée de croissance, de sorte que la croissance est sympodiale. La formation successive de branches et d'inflorescences se poursuit tout au long de la vie de la plante. Le nœud sur lequel naît la première inflorescence est caractéristique des cultivars. Chez les cultivars annuels, c'est la première inflorescence qui est la plus grosse et qui peut représenter jusqu'à 80% du rendement en graines. Chez les cultivars pérennes, communs en agriculture paysanne, la floraison est plus diffuse. Elle débute tôt dans la vie du ricin. Les premières fleurs peuvent s'ouvrir 40–70 jours

après le semis. Le pollen est surtout émis le matin et la pollinisation s'effectue par le vent. La croissance étant indéterminée, il peut arriver qu'une plante ait des infrutescences à plusieurs stades de développement. La maturation des fruits à l'intérieur d'une infrutescence est inégal, les fruits situés dans la partie inférieure mûrissant avant ceux situés dans la partie supérieure. Chez les types sauvages, le décalage de maturation entre les premiers et les derniers fruits à l'intérieur d'une infrutescence donnée peut être de plusieurs semaines. Chez les cultivars conduits en annuels, la période allant de la levée à la maturation varie entre 140–170 jours.

En conditions favorables, le ricin a un taux élevé de photosynthèse qui a été attribué à la forte teneur en chlorophylle des feuilles.

Ecologie *Ricinus communis* est souvent présent comme plante rudérale à proximité des villages et en zone urbaine ; à l'état naturel, au nord-est de l'Afrique, il est commun au bord des rivières temporaires.

Le ricin est une plante de jours longs, mais s'adapte à une très grande variété de photopériodes. Si la longueur du jour est de 9 heures, la croissance et le développement seront réduits, tandis que si elle est comprise entre 12–18 heures, le développement sera normal. La plante pousse dans toutes les régions tempérées chaudes et tropicales. Elle est cultivée dans un but commercial entre le 40°S et le 52°N, du niveau de la mer à 2000 m d'altitude à l'équateur, l'optimum se situant entre 300–1500 m, et le facteur limitatif étant le gel. Les températures du sol idéales pour la germination sont de 10–18°C. Le ricin nécessite des températures diurnes moyennes de 20–26°C, avec un minimum de 15°C et un maximum de 38°C. Des températures égales ou supérieures à 40°C sont nuisibles. Il est sensible aux dégâts du gel, et préfère des journées claires, ensoleillées avec peu d'humidité. Il peut supporter à la fois des climats secs et arides, des pluies diluviennes comme de brèves inondations. Dans les régions où les précipitations moyennes sont égales ou inférieures à 750 mm/an, le semis doit s'effectuer de façon à garantir à la plante 400–500 mm de précipitations jusqu'au moment de la principale floraison. Le ricin tolère le stress hydrique grâce à son profond système racinaire, mais il est sensible à l'excès d'eau et d'humidité.

Il se développe sur presque tous les types de sols pourvu qu'ils soient bien drainés et raisonnablement fertiles, avec une préférence pour les limons sableux profonds, dont le pH est compris entre 5–6,5. Les plantes qui tolèrent le mieux la salinité ou l'alcalinité ont tendance à être imposantes et buissonnantes, sans grande valeur commerciale.

Multiplication et plantation Pour une culture pluviale mécanisée, la préparation du champ commence par un labour assez profond de façon à briser les couches de terre compactes. Le ricin a besoin pour sa germination et sa première croissance d'une couche arable humide pendant plus longtemps que le maïs ou le coton. En zones sèches où le total des précipitations est bas, le buttage est recommandé. Les petits paysans intercalent habituellement le ricin dans des cultures annuelles ou le plantent en bordure de champ ou encore comme plante d'ombrage par ex. pour le gingembre, le curcuma ou bien la canne à sucre.

Le ricin est multiplié par graines. En semis en poquets, on plante 2–3 graines par trou à 3–8 cm de profondeur ; une autre possibilité consiste à le semer en lignes. Le poids de 1000 graines varie entre 100–1000 g. Des cultivars à cycle court peuvent être cultivés en culture pure en tant que seconde culture. En culture associée, l'espacement entre les lignes de ricin peut atteindre 4–5 m, la plante bénéficiant alors du traitement apporté à la culture principale. Avec des cultivars nains en culture pure, l'espacement entre les lignes pourra être de 1 m. Des espacements plus réduits peuvent provoquer de sérieux dommages aux branches lors du désherbage. Les recommandations concernant l'espacement sur la ligne vont de 25–35 cm pour les cultivars nains à 30–40 cm pour les grands cultivars, soit environ 25 000–30 000 plantes/ha pour des cultures dans des endroits où les précipitations s'élèvent à 750–900 mm. En culture irriguée, la largeur entre lignes dépend du système d'irrigation et dans les cas où l'eau n'est pas rationnée, une densité de 30 000–40 000 plantes/ha est possible, en fonction du cultivar.

Gestion Le ricin est généralement cultivé sur de profonds limons rouges sableux ou argileux de même que sur des limons alluviaux légers. C'est l'une des rares plantes à pouvoir être cultivée d'une manière économique sur des sols graveleux et pauvres. Les profonds vertisols ne sont pas souvent utilisés pour le ricin, ni les sols très fertiles à forte teneur en azote car ils sont à l'origine d'une croissance végétative excessive. Les semis de ricin étant de piètres concurrents, la lutte contre les mauvaises herbes est essentielle. Deux désherbages suffi-

sent normalement. Si cela est réalisable, un traitement herbicide avant la levée suivi par un désherbage manuel est certainement la pratique la plus efficace. Le premier désherbage s'effectue environ 6 semaines après le semis. Il est souvent associé à un éclaircissage, un buttage et un écimage. La jeune plante étant très sensible aux dégâts causés par les machines, le désherbage doit se faire en douceur. Si l'on élimine efficacement les mauvaises herbes, on se retrouve souvent avec un sol relativement nu. Le système racinaire du ricin n'étant pas très apte à stabiliser les sols, les champs sont souvent sensibles à l'érosion. Il convient d'appliquer des techniques de conservation du sol et de choisir soigneusement les emplacements destinés aux vastes plantations de ricin. Les petits paysans n'ont pas l'habitude d'irriguer le ricin, même si le rendement s'en trouve amélioré.
Comme il faut 5–8 mois pour pouvoir récolter le ricin, la plante est cultivée en culture principale. En général, l'épandage d'engrais non seulement organiques tels que le compost ou le fumier de ferme, les tourteaux d'arachide ou de ricin mais aussi inorganiques passe pour être salutaire, les effets résiduels des engrais organiques s'étalant sur une période de 2–3 ans. On a calculé qu'une culture produisant 3,3 t de fruits (2 t de graines et 1,3 t de coques) exporte 80 kg N, 8 kg P, 26,5 kg K, 8,5 kg Ca et 6 kg Mg. Le ricin est souvent associé à l'arachide et un apport de NPK 1:2:3 à cette dernière accroît les rendements des deux cultures.

Maladies et ravageurs Peu de maladies ont un impact économique. Normalement, les attaques sérieuses ne se produisent que dans les cultures qui se développent mal en conditions humides. Les maladies les plus destructrices pour les semis sont plusieurs pourritures causées par *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* et *Sclerotinia* spp. La maladie foliaire la plus répandue est la rouille provoquée par *Melampsora ricini* qui aujourd'hui s'est probablement propagée dans le monde entier et dont les symptômes sont la présence d'urédopustules sur la face inférieure des feuilles. Dans les cas graves, les feuilles en sont entièrement recouvertes et se dessèchent. Les taches foliaires du ricin très répandues en Afrique sont provoquées par *Xanthomonas axonopodis* et *Cercospora ricinella*. Parmi les maladies des capsules, ce sont celles dues à *Alternaria* et *Botrytis* qui sont les plus graves. *Alternaria ricini* fait des dégâts dans le monde entier. Les symptômes sont l'apparition de lésions brunes sur les feuilles entourées d'une aréole jaune. Les capsules infectées se flétrissent soudain, devenant marron foncé ou violet, des dépressions apparaissent puis gagnent peu à peu toute la surface. En conditions très humides, les inflorescences peuvent être recouvertes de dépôts de spores d'un noir charbonneux. Un traitement des graines au fongicide peut endiguer la maladie. En dernier ressort, un traitement foliaire aux carbamates ou aux fongicides à base de cuivre peut s'avérer efficace.
Le bigéminivirus de la mosaïque du manioc africain (ACMV) transmis par l'aleurode *Bemisia tabaci* touche le ricin dans toute l'Afrique.
Les ravageurs les plus nocifs sont probablement ceux qui attaquent les inflorescences, tels que la punaise du cacaoyer *Helopeltis schoutedeni* présente dans toute l'Afrique. La pyrale *Dichocrocis punctiferalis* est le plus important ravageur d'Asie tropicale. Les jeunes pyrales se nourrissent des capsules vertes et s'introduisent en forant par l'extrémité apicale ou basale. Sur tout le continent africain, les cochenilles *Pseudaulacaspis pentagona* et *Saissetia coffeae* attaquent le ricin, de même que le ver gris *Agrotis*, le ver du cotonnier *Spodoptera littoralis* et la tordeuse *Thaumatotibia leucotreta*. En Afrique de l'Est, la chenille velue *Euproctis producta* peut provoquer des dégâts. De nombreux autres ravageurs ont été observés, mais les dégâts qu'ils occasionnent sont habituellement minimes et localisés. Les grands cultivars pérennes peuvent souvent survivre aux attaques d'insectes. Néanmoins, en raison de leur port élevé et de la longueur de leur cycle, ils sont plus sensibles aux attaques des foreurs de la tige que les cultivars à cycle court.
Le ricin est un hôte de la punaise *Eurystylus oldi*, un ravageur du sorgho. Au Mali, elle est destructrice chez les cultivars de sorgho à panicules compactes récemment introduits, alors que les cultivars traditionnels à panicules ouvertes sont plutôt résistants.

Récolte Le cycle de culture des types annuels de ricin varie entre 4–9 mois, mais les types pérennes peuvent continuer à produire pendant 10–15 ans. Les types améliorés à capsules indéhiscentes sont récoltés une fois que celles-ci sont bien sèches. En revanche, chez les types à capsules déhiscentes, elles sont ramassées avant de sécher et encore vertes. La récolte peut se faire toutes les 2 semaines. Pour une récolte manuelle, des outils aussi simples qu'une boîte de conserve pourvue d'une encoche ont été mis au point. Lorsque les graines de ricin sont simplement récoltées à l'état sauvage

ou sur des plantes spontanées, la récolte se résume parfois à ramasser les graines tombées à terre.
En culture intensive, c'est la récolte et le décorticage qui demandent le plus de temps. Des machines adéquates et des cultivars adaptés à une culture à grande échelle ont été mis au point. La récolte mécanique consiste essentiellement à ramasser les fruits sur des plantes sur pied. Au nombre des problèmes restant à résoudre figurent l'irrégularité de la maturation ainsi que la diversité d'épaisseur de la coque du fruit, qui l'un comme l'autre sont responsables d'une grande proportion de fruits non ouverts ou de graines brisées.

Rendements Le rendement moyen de graines de ricin est de l'ordre de 1000 kg/ha, avec un maximum d'environ 3000 kg/ha. Les statistiques à ce sujet sont très difficiles à recueillir, le ricin étant souvent cultivé en association ou bien en bordure de champs.

Traitement après récolte Les fruits des cultivars traditionnels sont principalement semi-déhiscents. Après la récolte, les inflorescences sont empilées jusqu'à ce que les capsules noircissent, après quoi, elles sont étalées au soleil pour sécher. La plupart des graines tombent en l'espace de 4–6 jours. Les fruits non ouverts sont battus. Une fois les graines saines séparées du rebut, le produit est prêt à être stocké ou vendu. Les fruits des cultivars modernes sont souvent indéhiscents. Il ne faudrait les cultiver que si l'on dispose de décortiqueuses mécaniques, car le battage traditionnel abîme une grande quantité de graines. Les graines de ricin ne peuvent être entreposées à l'air libre que pendant de courtes périodes, la chaleur et la lumière réduisant leur teneur en huile ainsi que sa qualité. Elles doivent être manipulées avec précaution sinon le tégument mince et souvent cassant s'abîme facilement.
On estime que près de 10% de la production totale est conservée par les producteurs pour la multiplication et pour leurs propres besoins. Presque aucun triage ou calibrage des graines n'est effectué et les producteurs vendent le gros de leur récolte sans la nettoyer. Les graines peuvent être entreposées pendant 2–3 ans dans des sacs en jute ou dans tout autre récipient sans préjudice pour le contenu ou pour la qualité de l'huile. Cependant, elles sont rarement conservées plus de 6 mois et sont utilisées pour l'extraction de l'huile immédiatement après le battage. Des essais de stockage ont montré que des graines fendues ou avariées ne tardent pas à se détériorer et que le mouillage ne fait qu'accélérer le processus. Des graines endommagées donnent une huile plus acide et de couleur foncée difficile à décolorer.

Ressources génétiques Le ricin étant largement réparti dans tous les tropiques, il ne semble pas menacé d'érosion génétique, ce qui s'explique aussi parce qu'une grande partie de la diversité génétique est conservée dans les champs par les paysans. Des études portant sur la variabilité génétique sont nécessaires pour permettre d'expliquer et de classer la vaste variabilité morphologique. Une collection de ressources génétiques riche de plus 1000 entrées, provenant en partie d'Afrique tropicale, est conservée à l'Institut Vavilov, St.Petersbourg, Fédération de Russie. L'Institute of Oil Crops Research (CAAS), Wuhan, Chine détient près de 1700 entrées et le National Plant Germplasm System des Etats-Unis en possède plus de 1000. Au Biodiversity Conservation and Research Institute, Addis Abeba, Ethiopie, une collection de ricins locaux est disponible.

Sélection Tous les types naturels de ricin sont diploïdes ; ils s'hybrident spontanément et sont entièrement fertiles. La fréquence de l'allogamie naturelle se situe normalement entre 5–50%, mais chez certains cultivars nains elle peut atteindre 90–100%. Des lignées mâle-stériles et femelle-stériles ont été identifiées et ont une grande valeur pour la sélection. Celle-ci s'est polarisée essentiellement sur des problèmes liés à la mécanisation tels que le cycle de vie annuel, l'architecture des plantes naines et les fruits indéhiscents à coque mince et peu épineux, à maturité synchrone. Les principaux objectifs de la sélection moderne du ricin sont : un rendement élevé en graines, une forte teneur en huile et en acide ricinoléique, une récolte facile et la résistance aux maladies et aux ravageurs.
Il existe de nombreux cultivars ; 'Hale' et 'Lynn' sont des cultivars nains que l'on trouve aux Etats-Unis, qui sont aujourd'hui essentiellement utilisés comme parents mâles dans la production d'hybrides. Parmi d'autres cultivars bien connus, citons : 'Conner' et 'Kansas' aux Etats-Unis, 'Rica' et 'Venda' en France, et 'T-3', 'CS-9' et 'SKI-7' ainsi que la série d'hybrides GCH en Inde.

Perspectives Le ricin a une grande importance économique sous les tropiques et de grands efforts ont été réalisés pour en faire un oléagineux industriel adapté aux régions tempérées. Son aire de répartition est étendue, il se régénère bien, il est traditionnellement exploité et protégé par les paysans. En tant que

matière première pour l'industrie, l'huile de ricin se trouve en concurrence avec des matières premières de substitution. La demande est tributaire du prix de l'huile par rapport à celui des matières de substitution et de la fiabilité de l'offre. Tant l'offre que les prix ont jadis considérablement fluctué. A l'heure actuelle, la concurrence est rude pour l'huile de ricin déshydratée puisque des substituts bon marché issus d'huile de soja sont disponibles. Pourtant, grâce aux efforts incessants de la recherche qui s'attache à créer de nouveaux produits basés sur les propriétés uniques de l'acide ricinoléique, il est probable que la demande en huile de ricin progresse à l'avenir.
L'importance du ricin tient à ses fonctions multiples et à son adaptabilité face à une grande diversité de conditions écologiques, y compris en milieu perturbé. Il faudrait envisager la possibilité de recourir au ricin pour la régénération des sols dans les plans locaux d'aménagement du territoire.

Références principales Bojean, 1991; Kolte, 1995; Radcliffe-Smith, 1987; Radcliffe-Smith, 1996; Seegeler, 1983; Weiss, 2000; Wiley & Oeltmann, 1991.

Autres références Coates Palgrave, 1983; CSIR, 1959; Ellis & Holliday, 1970; Ogunniyi, 2006; Palmer & Pit-man, 1972–1974; Ratnadass et al., 2001; Saharan, Naresh Mehta & Sangwan, 2005; Seegeler & Oyen, 2001; Tongoona, 1993; Wild, Biegel & Mavi, 1972.

Sources de l'illustration Seegeler & Oyen, 2001.

Auteurs A. Maroyi
Basé sur PROSEA 14: Vegetable oils and fats.

SCHINZIOPHYTON RAUTANENII (Schinz) Radcl.-Sm.

Protologue Kew Bull. 45 : 157 (1990).

Famille Euphorbiaceae

Synonymes *Ricinodendron rautanenii* Schinz (1898).

Noms vernaculaires Mugongo (Fr). Mogongo, mongongo, mangetti, manketti (En). Omunkhete, mungomo (Po).

Origine et répartition géographique *Schinziophyton rautanenii* se rencontre depuis le sud de la R.D. du Congo, le sud de la Tanzanie et l'Angola jusqu'en Namibie, au Botswana et au nord de l'Afrique du Sud. Il est dominant ou codominant dans la végétation des crêtes de dunes de sable, sur la zone frontalière entre la Namibie et l'Angola en allant vers l'est jusqu'aux chutes Victoria, en Zambie et au Zimbabwe. Il est parfois cultivé au sud de la R.D. du Congo et en Zambie. Il a fait l'objet d'une plantation expérimentale en Israël, mais sa productivité semble s'être révélée très faible.



Schinziophyton rautanenii – sauvage

Usages Les noyaux de ses fruits ("noix") servaient et servent encore d'aliment de base pour de nombreuses populations de chasseurs-cueilleurs, en particulier les Bochimans Sans de Namibie. Après avoir retiré la pulpe du fruit et la coque dure du noyau, les amandes sont mises à bouillir dans l'eau pour en extraire l'huile. Traditionnellement, l'huile est écumée à la surface de l'eau et conservée pour un usage ultérieur en soupe. L'amande peut également être rôtie sur des braises ou broyée. La pulpe du fruit, dont le goût rappelle celui des dattes en moins sucré, est consommée crue ou cuite ; elle est aussi utilisée pour produire une boisson fortement alcoolisée, car elle contient un fort taux de sucre. Une fois l'huile extraite, les résidus de l'amande sont également consommés. Dans certains pays de l'Afrique australe, comme la Namibie, les arbres sont abattus pour leur bois (appelé "mugongo" dans le commerce) qui est utilisé en sculpture ou pour fabriquer des meubles. Ce bois est très léger et il est également utilisé pour confectionner des bouchons pour la pêche, des jeux de fléchettes et des planches à dessin, il sert aussi d'isolant et permet de fabriquer des caisses ou des cercueils. En Namibie, ce bois permet de construire les traîneaux tirés par les bœufs qui transportent les produits sur terrains sableux. En Zambie, le bois est utilisé en menuiserie et sert à confectionner des instruments de musique, des bibelots et des jouets ; les graines sont

utilisées dans des jeux de société. Le fruit est consommé par le bétail. L'écorce interne sert à confectionner des cordes, par ex. pour les filets. En médecine traditionnelle, les racines ont été utilisées pour traiter les maux d'estomac.

Production et commerce international Au début du XX[e] siècle, les noyaux des fruits de *Schinziophyton rautanenii* ont été exportés de Namibie en Grande-Bretagne et en Allemagne. Cependant, ce commerce n'a duré que quelques années. Aucune donnée statistique sur la production ou le commerce des fruits, de l'huile ou du bois d'œuvre n'est disponible.

Propriétés La pulpe constitue environ 26% du fruit frais et l'amande environ 9%. La composition nutritionnelle de la pulpe du fruit par 100 g de partie comestible est : eau 13,4 g, énergie 1307 kJ (312 kcal), protéines 6,6 g, lipides 0,6 g, glucides 70,2 g, fibres 3,5 g, Ca 89,6 mg, Mg 195 mg, P 46,0 mg, Fe 0,7 mg, Zn 1,4 mg, thiamine 0,28 mg, riboflavine 0,11 mg, niacine 0,12 mg, acide ascorbique 8,5 mg. La composition nutritionnelle de l'amande par 100 g est : eau 4,8 g, énergie 2685 kJ (641 kcal), protéines 28,8 g, lipides 57,3 g, glucides 2,4 g, fibres 2,7 g, Ca 452 mg, Mg 432 mg, P 839 mg, Fe 2,3 mg, Zn 3,1 mg, thiamine 0,22 mg, riboflavine 0,13 mg, niacine 0,42 mg (Wehmeier, Lee & Whiting, 1969).
Les acides gras présents dans l'huile sont principalement : l'acide linoléique (38%), l'acide oléique (15%) et l'acide α-éléostéarique (29%). Dans les cosmétiques, cette huile est utilisée pour ses propriétés hydratantes, régénérantes et restructurantes et également pour sa capacité à protéger les cheveux et la peau des UV. La couleur du bois de cœur, qui est peu distinct de l'aubier, varie de jaune pâle à jaune paille. Le fil est droit ou ondé, le grain est grossier. Le bois sèche rapidement à l'air et présente peu de déformation. Il a tendance à devenir pelucheux au sciage, il faut donc utiliser des outils aiguisés pour obtenir une surface lisse. Il offre une bonne tenue au clouage. Le bois n'est pas durable et il est sensible aux attaques des termites et des *Lyctus*. Il est perméable à l'imprégnation avec des produits de conservation.

Description Arbuste ou arbre de taille petite à moyenne, atteignant 20 m de haut, dioïque ; fût jusqu'à 100 cm de diamètre ; écorce jusqu'à 5 cm d'épaisseur, blanchâtre, gris pâle ou brun pâle, tout d'abord lisse, puis s'écaillant ; cime étalée, mais arrondie dans les couverts plus denses ; ramilles épaisses, à pubescence rouille et étoilée lorsque jeunes, exsudant une gomme blanche. Feuilles alternes, composées digitées, à (3–)5–7 folioles ; stipules en éventail de 3–5 mm × 2–3 mm, rapidement caduques, glanduleux ; pétiole de 6–25 cm de long, portant 2–4 glandes proéminentes, en général apicales ; pétiolules de 0,5–1,5 cm de long ; folioles elliptiques-ovales à oblancéolées, rarement 3-lobées, foliole médiane de 5–18 cm × 2–9 cm, folioles latérales légèrement plus petites, base arrondie à cunéiforme, apex obtus à aigu ou brièvement acuminé, entières, avec des points glandulaires le long des bords, à pubescence dense rouille et étoilée sur le dessus mais glabrescentes, et à poils plus longs et plus pâles sur le dessous, nervures latérales en 6–16 paires. Inflorescence : panicule terminale ; bractées ressemblant à des soies ou subulées, de 3–10 mm de long ; inflorescence mâle de 10–22 cm × 4–8 cm ; inflorescence femelle de 5–6 cm × 2–3 cm. Fleurs unisexuées, régulières, 5-mères, jaune pâle à blanches ; fleurs mâles à pédicelle de 2–5 mm de long, lobes du calice elliptiques-oblongs, d'environ 5 mm × 2–3 mm, à pubescence étoilée sur les deux faces, pétales elliptiques-oblongs, de 6–7



Schinziophyton rautanenii – 1, rameau en fleurs ; 2, partie de l'inflorescence mâle ; 3, fleur femelle ; 4, fruit, montrant une partie du noyau. Redessiné et adapté par Iskak Syamsudin

mm × 2–3 mm, émarginés à l'apex, glabres à l'exception de la base interne, étamines 13–21, unies à la base ; fleurs femelles à pédicelle de 7–10 mm de long, lobes du calice largement ovales, de 8–9 mm × 5–6 mm, à pubescence étoilée sur les deux faces, pétales elliptiques-oblongs, d'environ 9 mm × 4 mm, émarginés à l'apex, glabres, disque en coupe peu profonde, d'environ 4 mm de diamètre, ovaire supère, à pubescence dense et étoilée, 1(–2)-loculaire, style d'environ 5 mm de long, bifide. Fruit : drupe ovoïde-ellipsoïde jusqu'à 7 cm × 5 cm, verte, virant au gris-jaune, glabrescente, à 1(–2) graines ; paroi du noyau (endocarpe) dure et épaisse, alvéolée. Graines ellipsoïdes comprimées, de 2–2,5 cm × 1,5–2 cm, cannelées.

Autres données botaniques Le genre *Schinziophyton* ne comprend qu'une seule espèce. Elle est apparentée à *Ricinodendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel, qui diffère par ses folioles sessiles ou légèrement fuselées à la base, ses stipules plus grandes et persistantes, et ses fruits contenant 2 ou 3 noyaux à paroi mince.

Croissance et développement Une fois que la graine a germé, la radicule pousse lentement. Quand elle atteint 5–10 cm de long, 5–12 racines secondaires émergent en anneau immédiatement au-dessus de l'extrémité de la racine, telle une tête de méduse. Quand ces racines atteignent 20–50 mm de long, la plumule commence à émerger. Le passage du stade de semis à celui de gaule dépend en grande partie des incendies se produisant dans la région. Les feux ramènent les jeunes gaules au niveau du sol, tant que leur écorce n'est pas assez épaisse pour les protéger. Les arbres commencent leur floraison et leur fructification à l'âge d'environ 20 ans. Ils peuvent vivre jusqu'à 100 ans. Un apport régulier en eau accélère leur développement. De mars–mai à octobre–novembre, les arbres perdent leurs feuilles, ils fleurissent en septembre–décembre, juste avant le déclenchement des pluies. Les fruits tombent à partir des mois d'avril–mai quand ils sont encore verts et mûrissent sur le sol pour prendre une couleur brun rouille. La plupart des noyaux ne contiennent qu'une seule graine, mais environ 5% des noix en contient 2 et 10% aucune. Les vents forts entraînent souvent la chute des fruits immatures. Les fruits sont consommés par les éléphants et les autruches qui dispersent ainsi les graines. En raison du fort taux de sucre de leur chair, les fruits sont souvent mâchés par les antilopes et les porcs-épics qui les déplacent sur de courtes distances.

Ecologie *Schinziophyton rautanenii* se rencontre en zones boisées caducifoliées et dans les savanes herbeuses avec présence d'arbres disséminés, parfois en peuplement pur. Dans les zones qu'il occupe, les températures annuelles moyennes avoisinent les 20°C et les températures diurnes maximales dépassent souvent 30°C. Cette plante tolère un léger gel, mais des températures inférieures à 7°C détruisent les semis. *Schinziophyton rautanenii* se rencontre à 200–1500 m d'altitude et pousse bien quand les précipitations annuelles atteignent 200–1000 mm. Il se rencontre toujours dans les sols sableux profonds, comportant 94–99% de sables fins. Dans le désert du Namib, il pousse fréquemment sur les crêtes des dunes de sable. En revanche, il est rare sur les sols calcaires et inexistant sur les sols mal drainés ou gorgés d'eau. Son milieu est soumis à de fréquents incendies.

Multiplication et plantation Les graines restent viables jusqu'à 2 ans si elles sont stockées à 10°C. La germination artificielle des graines est difficile et a fait l'objet de plusieurs études. Le facteur déclenchant naturel est encore inconnu, bien qu'une amélioration du taux de germination ait été notée lorsque les graines ont transité par le système digestif des éléphants. En pépinière, les graines doivent être scarifiées. Les traitements à l'éthylène ou à l'éthéphon ont donné des résultats mitigés. Les semis semblent pousser légèrement plus vite sous ombrage modéré. Il n'a pas été possible de déterminer si cette caractéristique est due à un faible besoin en lumière ou à la réduction de l'évaporation. En conditions naturelles, de nombreux semis poussent sous les arbres adultes. Il est difficile de dire si cela est dû à une accumulation de graines ou à la présence de meilleures conditions de croissance. Les plantes rejettent facilement lorsqu'elles sont jeunes. Les arbres plus vieux endommagés par les incendies ne produisent en général pas de rejets, alors que les gaules et même les semis produisent de nouvelles pousses quand leurs parties aériennes ont été endommagées. Les plançons s'enracinent rapidement et permettent la multiplication. Il a été constaté de nombreux cas où des poteaux fraîchement coupés pour constituer des palissades ont produit des arbres de grande taille.

Gestion Les arbres de *Schinziophyton rautanenii*, même ceux dont les fruits sont récoltés de manière régulière, reçoivent peu de soins.

Récolte Comme les fruits mûrissent sur le

sol, ils sont simplement ramassés sous les arbres. La récolte commence à la fin de la saison des pluies, quand les fruits frais sont tombés. La collecte continue jusqu'à la fin de la saison sèche (septembre–novembre) quand la moitié des fruits ont perdu leur pulpe sous l'action d'insectes. Lors de la saison des pluies (novembre–mars), quand l'eau potable est plus facile à se procurer, les noix sont collectées dans des bosquets plus éloignés.

Rendements La production de fruits dépend étroitement de la pluviométrie de la saison précédente, les rendements étant plus élevés lors des années qui suivent de fortes pluies. De fortes précipitations survenant après la floraison peuvent endommager les fruits en formation, ce qui est aussi le cas lors d'incendies tardifs en saison sèche. Il existe peu de données sur les rendements ; certaines estimations indiquent des rendements de 200–1000 kg/ha dans le nord de la Namibie et d'environ 300 kg/ha en Angola.

Traitement après récolte Les fruits récoltés sont, dans la plupart des cas, bouillis dans des marmites en fer. Ce procédé ramollit la peau qui peut alors être pelée facilement. Une fois pelés, les fruits sont de nouveau cuits pour séparer la chair du noyau et la transformer en une pulpe riche de couleur marron, prête à être consommée. Les noyaux sont rôtis sur des braises mélangées à du sable pour faciliter leur ouverture ; il faut éviter toute chaleur excessive qui altérerait le goût des amandes. Une fois rôtis, les noyaux sont ouverts entre deux pierres, et les amandes peuvent alors être dégustées. Le tégument de la graine s'enlève facilement à la main. Les amandes peuvent aussi être pilées et mélangées à d'autres aliments, comme des légumes.
Les grumes abattues pour faire du bois d'œuvre doivent être rapidement traitées et séchées pour éviter toute décoloration.

Ressources génétiques Le Tree Seed Centre de la Direction des Forêts de Windhoek en Namibie, a constitué une vaste collection de semences. Comme *Schinziophyton rautanenii* est répandu et que la collecte des fruits ne l'endommage pas, il ne semble pas menacé d'érosion génétique.

Perspectives Du fait que les amandes de *Schinziophyton rautanenii* sont abondantes au niveau local, que leur approvisionnement est fiable, leur collecte facile et leur valeur nutritionnelle bonne, elles restent une source traditionnelle importante de nourriture dans le désert du Namib. Les fruits sont uniquement récoltés dans la nature et il est peu probable que leur intérêt dépasse les frontières des zones où ils sont traditionnellement utilisés.

Références principales Bolza & Keating, 1972; Graz, 2002; Lee, 1973; Peters, 1987; Radcliffe-Smith, 1996; Wehmeyer, 1976; Wehmeyer, Lee & Whiting, 1969; World Agroforestry Centre, undated.

Autres références Bonifacio, Santonoi & Zanini, 2000; Léonard, 1962.

Sources de l'illustration Radcliffe-Smith, 1996.

Auteurs F.P. Graz

SESAMUM INDICUM L.

Protologue Sp. pl. 2: 634 (1753).
Famille Pedaliaceae
Nombre de chromosomes $2n = 26$
Synonymes *Sesamum orientale* L. (1753).

Noms vernaculaires Sésame (Fr). Sesame, benne, benniseed, gingelly (En). Gergelim, gimgelim, sésamo (Po). Simsim, ufuta, wangila (Sw).

Origine et répartition géographique Depuis l'antiquité, le sésame est utilisé comme une plante oléagineuse précieuse. Son origine est controversée depuis plus d'un siècle. On a longtemps cru qu'il avait été domestiqué en Afrique, mais les données tirées des hybridations interspécifiques et de la chimie prouvent que sa domestication a eu lieu dans le sous-continent indien. Les graines de sésame trouvées lors de fouilles à Harappa (Pakistan) datent de 2000 ans av. J.-C. Parvenu en Mésopotamie à l'âge du bronze ancien, le sésame y constitue une culture importante 2000 ans av.



Sesamum indicum – planté

J.-C. La Mésopotamie devient le premier centre de diffusion du sésame en Méditerranée. Dès le deuxième siècle av. J.-C., c'est un oléagineux important en Chine. On a peu de données sur son introduction en Afrique tropicale. C'était une marchandise précieuse dans le commerce entre l'Inde et la Méditerranée le long des côtes sud de l'Arabie et de la mer Rouge au IIe siècle av. J.-C. et il a dû être connu à cette époque-là dans la Corne de l'Afrique.

Usages Les graines, la pâte et l'huile de sésame sont utilisées dans une multitude de produits comestibles. L'huile vierge, obtenue par pression des graines, est employée directement en cuisine, tandis que l'huile raffinée sert pour les salades ou chaque fois que l'on a besoin d'une huile comestible qui se conserve bien. Les graines sont utilisées dans d'innombrables préparations culinaires, crues ou torréfiées. Dans tout le monde arabe, les graines écrasées sont transformées en une pâte délicieuse appelée "tahiné". Mélangée à du sucre et de la farine, elles donnent le "halva". Grillées, elles sont consommées en soupes ou bien, mélangées à du sucre caramélisé, se transforment en sucreries. Gâteaux, petits pains et biscuits sont souvent saupoudrés de graines avant la cuisson. L'huile sert à la fabrication de la margarine et des graisses de cuisson composées. En tant qu'huile pour la salade, elle est souvent mélangée avec d'autres huiles comestibles. En Inde, elle entre dans la composition du ghee végétal et on l'utilise pour s'en oindre les cheveux et la peau. En outre, elle est employée comme support de médicaments et de parfums et comme synergique pour les insecticides à base de pyréthrine. Les huiles de moindre qualité sont employées en savonnerie, en peinture, dans la fabrication de lubrifiants et comme huiles lampantes. Le tourteau de sésame est un excellent aliment du bétail et sert de matière première à plusieurs denrées alimentaires. En Afrique sub-saharienne, les jeunes feuilles sont employées comme légumes pour la soupe. En Afrique australe, on fume des feuilles de sésame en guise de tabac. La cendre de la tige remplace le sel, et serait une source appréciable de sels minéraux. Les tiges sèches servent de combustible et de matériau de construction pour les abris. De nombreuses parties de la plante sont utilisées par la médecine indigène en Afrique et en Asie pour traiter toutes sortes de maux. Le mucilage ou le jus des feuilles permet de soigner la fièvre, la toux, les douleurs ophtalmiques et de tuer les poux de la tête ; le jus est administré pour faciliter l'accouchement, pour traiter la dysenterie et la gonorrhée et est utilisé dans les pansements après la circoncision. En Afrique orientale et australe, les feuilles jouent un rôle dans le traitement des morsures de serpents et de la malaria, en Inde et en Chine dans celui des cancers. La cendre des tiges brûlées sert de sel médicinal. L'huile permet de soigner la toux, les otalgies, de même qu'elle sert d'emménagogue et d'abortif. Les graines de sésame sont appréciées pour leurs propriétés laxatives.

Production et commerce international La production mondiale de graines de sésame est passée peu à peu de 1,5 million de t/an dans les années 1960 à 3,2 millions de t/an (pour une superficie de 2,7 millions d'ha) en 2005, grâce à l'essor mondial de la demande en huile de sésame. Dans l'intervalle, le commerce international annuel est passé de 150 000 t à 800 000 t de graines, même si le sésame a été remplacé à diverses fins par d'autres oléagineux dont la production s'avère plus facile et meilleur marché. L'Afrique a produit, selon les estimations, 25% de la production mondiale totale durant cette période et a assuré presque 40% des exportations mondiales. En 2002–2005, la Chine (avec 730 000 t/an pour une superficie de 690 000 ha) et l'Inde (avec 650 000 t/an pour 1,5 million d'ha) étaient les principaux producteurs, suivis par le Myanmar (avec 500 000 t/an pour 1,3 million d'ha), le Soudan (260 000 t/an pour 1,6 million d'ha) et l'Ouganda (110 000 t/an pour 210 000 ha). D'autres producteurs importants en Afrique sont le Nigeria (75 000 t/an), l'Ethiopie (50 000 t/an), la Centrafrique (42 000 t/an), la Tanzanie (41 000 t/an) et le Tchad (35 000 t/an). Ces dernières années, la production s'est envolée en Ethiopie. En 2000–2003, les principaux pays exportateurs étaient le Soudan (175 000 t/an), l'Inde (175 000 t/an), la Chine (105 000 t/an) et l'Ethiopie (50 000 t/an), les principaux importateurs étant le Japon (avec près de 150 000 t/an), la Corée du Sud (65 000–80 000 t/an) et la Chine (45 000–100 000 t/an). Pratiquement tout le commerce mondial du sésame se fait sous forme de graines, et seules d'infimes quantités d'huile et de tourteaux sont expédiées.

Propriétés Les graines sèches décortiquées contiennent par 100 g de partie comestible : eau 3,8 g, énergie 2640 kJ (631 kcal), protéines 20,5 g, lipides 60,2 g, glucides 11,7 g, fibres alimentaires 11,6 g, Ca 60 mg, Mg 345 mg, P 667 mg, Fe 6,4 mg, Zn 6,7 mg, vitamine A 9 UI, thiamine 0,70 mg, riboflavine 0,09 mg, niacine

5,80 mg, folates 115 µg, mais pas d'acide ascorbique (USDA, 2005). La graine est riche en acide phytique et acide oxalique, qui en se chélatant au calcium, lui donnent une légère amertume. L'huile vierge va du jaune foncé au jaune clair tandis que l'huile raffinée est claire, jaune pâle avec un goût de noisette. Elle contient des glycérides de l'acide oléique (36–54%) et linoléique (38–49%) ; les autres composants sont des acides gras saturés : acide myristique (0,1% ou moins), acide palmitique (8–12%), acide stéarique (3,5–7%) et acide arachidique (0,5–1%). L'huile contient 1,2% de matière insaponifiable, composée de tocophérols et de lignanes, en particulier la sésamine (0,1–0,6%), la sésamoline (0,25–0,3%), le sésamol et le sésaminol, qui confèrent à l'huile sa résistance à l'oxydation. Après extraction, la couleur du tourteau varie du jaune clair au noir grisâtre en fonction de la couleur dominante du tégument. Sa composition chimique est elle aussi variable selon le type de graine, la méthode d'extraction de l'huile et le dépelliculage ou l'absence de dépelliculage de la graine. La teneur protéique du tourteau varie entre 35% (extraction mécanique, graines non décortiquées) et 47% (extraction à l'hexane, graines décortiquées). Le tourteau est riche en calcium et en phosphate, mais pauvre en lysine. La teneur en fibres brutes du tourteau issu de graines non décortiquées est de 5–6%, contre seulement environ 3% pour un tourteau de graines décortiquées.
La consommation de produits à base de sésame peut provoquer une allergie alimentaire, certes peu courante, mais grave. Les principaux allergènes sont les protéines des graines. L'allergie se développe principalement durant l'adolescence ou chez l'adulte et est progressive.

Description Plante herbacée annuelle érigée, trapue, aromatique, pouvant atteindre 2 m de haut ; système racinaire à racine pivotante fortement effilée jusqu'à 90 cm de long, à nombreuses racines latérales ; tige ferme, carrée avec des côtes à chaque angle, jusqu'à 3 cm de diamètre à la base, vert pâle brillant, légèrement poilue à glabre, avec des glandes 4-cellulaires présentes partout. Feuilles opposées décussées sur les parties inférieures, disposées en spirale et 3-lobées à 3-foliolées sur les parties supérieures ; stipules absentes ; pétiole atteignant 17 cm de long, cannelé au-dessus, au moins à la base ; limbe des feuilles inférieures à contour ovale, de 10–21 cm × 5–13 cm, bord entier ou partiellement denté, feuilles médianes à lobes étroitement elliptiques ou



Sesamum indicum – 1, branche en fleurs ; 2, corolle ouverte ; 3, ovaire en coupe transversale ; 4, fruit ; 5, graines.
Source: PROSEA

folioles de 9–17 cm × 3–7 cm, bord entier ou denté, feuilles supérieures étroitement elliptiques, de 5–15 cm × 1–3 cm, bord entier. Fleurs en petits fascicules à l'aisselle des feuilles supérieures, bisexuées, zygomorphes, 5-mères, munies de 2 bractées à la base, portant chacune une glande axillaire ; calice à lobes oblongs de 4–7 mm × 1–1,5 mm, légèrement soudés à la base, à apex aigu, à poils longs ; corolle en cloche, de 2–3,5 cm de long, base un peu courbée et évasée, légèrement 5-lobée, à lobes d'environ 1 mm de long, le plus bas étant plus long, blanc à mauve, gorge souvent jaune et tachetée de violet ; étamines 4, insérées près de la base du tube de la corolle et incluses, les 2 supérieures plus courtes que les 2 inférieures, avec un staminode entre les étamines supérieures ; ovaire supère, oblong-quadrangulaire, d'environ 5 mm × 2 mm, à poils grisâtres, 2-loculaire mais chaque loge divisée par un faux septum presque jusqu'à l'apex ; style de 1 cm de long, à stigmate 2-lobé. Fruit : capsule oblongue-quadrangulaire de 1,5–3 cm de long, poilue, surmontée d'un court bec triangulaire à l'apex, gris marron à maturité, loculicide, con-

tenant de nombreuses graines. Graines obovoïdes aplaties, de 2–3 mm de long, de 0,5–1 mm d'épaisseur, étroitement striées sur toute la surface, plutôt lisses, blanches, ivoire, grises, beiges, marron, rouges ou noires. Plantule à germination épigée.

Autres données botaniques Le genre *Sesamum* comprend environ 20 espèces, dont la plupart sont indigènes d'Afrique tropicale. Quelques-unes des espèces africaines se sont propagées en Asie et en Amérique du Sud. L'analyse moléculaire et la présence d'hybrides entièrement fertiles confirment la proximité entre *Sesamum indicum* et son ancêtre *Sesamum malabaricum* Burm. Les deux espèces ont le même nombre de chromosomes. Deux noms scientifiques ont longtemps été utilisés pour le sésame : *Sesamum orientale* et *Sesamum indicum*, mais en 2005, c'est *Sesamum indicum* qui a été conservé contre *Sesamum orientale*.

Il existe de nombreux cultivars de sésame. Parmi les caractères qui permettent de distinguer les cultivars, on peut citer : le port de la plante (ramifié ou non ramifié), la morphologie foliaire (feuilles basales divisées ou toutes les feuilles lancéolées), la déhiscence du fruit (déhiscent, partiellement déhiscent ou indéhiscent), et la couleur de la graine (blanche, ivoire, grise, beige, marron, rouge, noire).

Croissance et développement La germination des graines de sésame est modérément lente et la croissance des semis reste lente jusqu'à ce qu'ils aient atteint 10 cm de haut, après quoi elle s'accélère. Les branches se développent lorsque la plante mesure 25 cm de haut. Le degré de ramification est propre au cultivar et il existe des cultivars non ramifiés. Les racines des cultivars non ramifiés s'allongent généralement plus vite que celles des cultivars ramifiés, tandis que ces dernières s'étalent plus vite. Le rythme de croissance initiale des racines de sésame a tendance à être plus lent que celui de l'arachide, du maïs ou du sorgho. Les cultivars à graines rouges du Kordofan (Soudan) sont réputés pour la croissance rapide de leurs racines. Le mode de croissance est habituellement indéterminé, mais des cultivars à croissance déterminée ont été sélectionnés. Les fleurs apparaissent à l'aisselle des feuilles sur la tige et les branches supérieures, et le numéro du nœud de la pousse principale sur laquelle se forme la première fleur est un caractère du cultivar fortement héritable. La plupart des fleurs s'ouvrent entre 5–7 heures du matin, se flétrissent dans l'après-midi, et tombent entre 16–18 heures. Le pollen est dispersé peu après l'ouverture des fleurs ; l'intervalle entre l'ouverture des fleurs et la dispersion du pollen est une caractéristique du cultivar. Le stigmate est réceptif un jour avant l'ouverture de la fleur et l'est encore le jour suivant. En conditions naturelles, le pollen conserve son pouvoir germinatif pendant 24 heures. Les fleurs sont essentiellement autogames, mais l'allogamie est possible et peut atteindre 50%. En fonction du cultivar, la plante mûrit en l'espace de 75–150 jours après le semis. Les capsules proches de la base de la tige sont normalement les premières à mûrir, les dernières étant celles situées près du sommet. L'accumulation active de matière sèche et la synthèse de l'huile interviennent 12–24 jours après la fructification, mais continuent au ralenti jusqu'à 27 jours, avec une légère réduction de la teneur en huile avant la maturité. Le pourcentage en acides gras libres est élevé au début de la synthèse, décline rapidement entre le 18–22e jour puis plus graduellement jusqu'à la maturité des graines. Chez la plupart des cultivars, les fruits mûrs secs s'ouvrent et projettent les graines.

Ecologie Le sésame est une plante tropicale et subtropicale, mais les plantations d'été et les nouveaux cultivars lui ont permis de s'étendre aux régions tempérées. Il est présent principalement entre le 25°S et le 25°N, mais jusqu'au 40°N en Chine, en Russie et aux Etats-Unis, au 30°S en Australie et au 35°S en Amérique du Sud. Le sésame étant sensible aux basses températures, il est cultivé du niveau de la mer jusqu'à 1500 m d'altitude, sauf au Kenya où il est cultivé à titre expérimental jusqu'à 1800 m d'altitude. C'est une plante de jours courts, mais certains cultivars se sont adaptés à différentes photopériodes. Avec des jours de 10 heures, il fleurira normalement entre 42–45 jours après le semis. L'incidence de la température et de l'humidité est énorme sur le nombre de jours jusqu'à la floraison. Il faut des températures élevées pour obtenir à la fois une croissance et une production optimales. Des températures d'environ 30°C stimulent la germination, la croissance initiale et l'induction florale, mais des cultivars spécifiques toléreront des températures pouvant atteindre 40°C. Des températures inférieures à 20°C retardent normalement la germination ainsi que la croissance des semis, et des températures inférieures à 10°C entravent l'une et l'autre. Des plantes bien installées peuvent supporter un fort stress hydrique, alors que les semis y sont très sensibles. Le sésame donne un rendement excellent

lorsque les précipitations atteignent 500–650 mm et sont uniformément réparties durant la période de croissance. L'idéal est que 35% des pluies tombent de la germination à la formation des premiers boutons floraux, 45% jusqu'à la pleine floraison et 20% pendant le remplissage des graines. Il faut qu'elles cessent lorsque les premières capsules commencent à mûrir. S'il tombe des pluies diluviennes à la floraison, le rendement en sera d'autant réduit. Le sésame est très sensible à l'asphyxie racinaire. Après la montaison, il l'est aussi aux dégâts causés par le vent. La plante vient bien sur des sols modérément fertiles et bien drainés au pH compris entre 5,5 et 8,0, mais la plupart des cultivars sont sensibles à la salinité. Tant la croissance que le rendement ultérieur seront moindres s'il s'agit de sols graveleux ou sableux peu aptes à retenir l'humidité.

Multiplication et plantation Le sésame est multiplié par graines. Elles sont très petites, le poids de 1000 graines étant de 2–4 g. Elles peuvent être stockées pendant 2 ans sans trop perdre de leur viabilité à condition que le degré d'humidité soit inférieur à 8% lors du séchage et qu'elles soient conservées dans des récipients hermétiques. Les graines destinées au semis doivent être minutieusement nettoyées pour éliminer débris et graines mal formées, puis traitées à l'insecticide. Il est souhaitable d'effectuer une préparation soigneuse des lits de semis ; la préparation du terrain pratiquée pour les céréales à petits grains convient habituellement. Le nivellement du terrain est important pour garantir une profondeur de plantation uniforme mais le billonnage est possible pour assurer un meilleur drainage dans les endroits où les orages violents sont fréquents. Peu avant la plantation, il faut herser le sol pour en éliminer les mauvaises herbes car le désherbage des petites plantes de sésame est une tâche difficile. La plantation se fait habituellement à 2–5 cm de profondeur, mais peut aller jusqu'à 10 cm sur de la terre meuble. Après le semis, le sol ne doit pas être tassé. Grâce à une profondeur de plantation uniforme, on obtient à la fois une levée de la culture et une croissance régulières, ce qui facilite par la suite les opérations de sarclage et la récolte elle-même.

Le sésame étant principalement cultivé par de petits paysans, le semis s'effectue d'ordinaire à la main. Les graines sont souvent mélangées à du sable sec ou de la terre sèche pour en augmenter le volume et garantir une répartition uniforme des graines. Une proportion graines/sable de 1/3 est courante. Des densités de semis de 2–10 kg par ha sont utilisées en culture pure. En culture associée, la densité de semis dépend des espèces qui la composent ainsi que des objectifs du paysan. Le peuplement de plantes est fortement influencé par le degré de préparation du lit de semis et par le temps. Les cultivars ramifiés s'adaptent très bien à l'espacement et donnent bien à des densités comprises entre 30 000–35 000 plantes/ha. En Tanzanie, les rendements les plus élevés en culture pure sont obtenus avec des peuplements oscillant entre 170 000–200 000 plantes/ha. Lorsque les graines sont semées en lignes, un espacement de 35–50 cm entre les lignes est recommandé.

Gestion Au cours des 2 semaines qui suivent la levée, l'éclaircissage des semis à la densité préconisée de 10 cm entre les plantes exige beaucoup d'efforts. Il est important de lutter tôt contre les mauvaises herbes et 2–3 binages en surface sont habituellement judicieux. En Ethiopie, grâce à un sarclage manuel, le rendement du sésame irrigué a pu être augmenté de 80%. Un bon désherbage s'impose car le sésame pousse lentement au début et ne sait pas bien lutter contre les adventices lorsqu'il est jeune. Le désherbage s'effectue à la main ou à la houe ; il existe plusieurs herbicides efficaces, mais les petits paysans en emploient rarement. Le désherbage mécanique doit se faire aussi superficiellement que possible afin d'éviter d'endommager les racines. Une fois que les plantes ont atteint 10 cm de haut, la croissance est rapide et le désherbage n'est guère nécessaire par la suite. Un espacement réduit peut limiter le développement tardif des mauvaises herbes qui peut s'avérer gênant au moment de la récolte. Le sésame est souvent cultivé en association dans les champs des petits paysans. La culture en bandes avec le maïs et le sorgho est fréquente et protège le sésame des vents violents.

La quantité de nutriments absorbée par une culture est estimée à 30 kg N, 14 kg P et 5,5 kg K par t de graines. Lorsque le sésame est cultivé à grande échelle, des mélanges NPK de 5:10:5, 12:12:6, et 10:14:10 à raison de 500–700 kg par ha sont couramment employés lors du semis. Rares sont les petits paysans qui effectuent des épandages d'engrais dans les cultures. L'apport non seulement d'azote mais aussi de phosphore est essentiel sur les sols pauvres, en revanche le potassium l'est rarement. Dans le sud de la Tanzanie, des apports de 20–30 kg de N et de 10–15 kg de P par ha permettent de

retirer un beau bénéfice économique. En culture irriguée, le sésame nécessite l'équivalent de 900–1000 mm d'eau de pluie pour des rendements optimaux. En Asie, le sésame est souvent cultivé en culture dérobée après le riz, et il est semé dans les chaumes. Outre l'humidité résiduelle du sol, une seule irrigation est normalement requise.

Maladies et ravageurs Parmi les maladies les plus graves du sésame figurent les maladies foliaires causées par la bactérie *Pseudomonas syringae* pv. *sesami* (synonyme : *Pseudomonas sesami*) et les champignons *Cercospora sesami* et *Alternaria sesami*. Elles détruisent non seulement les feuilles, mais aussi les tiges et les capsules vertes. *Alternaria sesami* provoque également la fonte des semis. Le mildiou (*Phytophthora nicotianae*), la pourriture charbonneuse (*Macrophomina phaseolina*), la fusariose (*Fusarium oxysporum*) et l'oïdium (*Oidium erysiphoides* et *Sphaerotheca fuliginea*) sont autant d'autres maladies graves. La phyllodie du sésame, une infection mycoplasmique, est très dévastatrice surtout en Inde et en Myanmar, mais aussi en Afrique. Les plantes se rabougrissent et l'inflorescence se transforme en un bouquet de feuilles courtes et vrillées. Parmi les maladies virales importantes, il faut citer le virus de la mosaïque du niébé transmis par pucerons (CABMV), le virus de l'enroulement de la feuille de tabac (TLCV) et le virus de la marbrure de l'arachide (PeMoV). En règle générale, le sésame n'est pas touché par les nématodes, même si des attaques d'*Heterodera cajani* et de *Pratylenchus penetrans* ont été signalées. En fait, le sésame sert à lutter contre les nématodes ravageurs d'autres cultures.

Il existe une grande variation dans l'importance relative qu'occupent les insectes ravageurs dans les différents pays d'Afrique. Les insectes qui infestent les fleurs et les jeunes fruits passent pour de graves ravageurs dans certains pays, comme au Soudan, tandis que dans d'autres, par ex. en Tanzanie, ceux qui s'attaquent au feuillage sont susceptibles d'occasionner des pertes considérables de rendement. Bien que le sésame soit attaqué par un grand nombre d'insectes, seuls 2 d'entre eux causent, de l'avis général, de graves dégâts économiques : la chenille tisseuse du sésame (*Antigastra catalaunalis*) présente en Afrique et en Asie du Sud, et la cécidomyie du sésame (*Asphondylia sesami*) limitée à l'Afrique de l'Est et au sud de l'Inde. Les chenilles *Antigastra* enroulent les jeunes feuilles, tissent autour d'elles une toile de soie et s'en nourrissent. Elles creusent aussi des galeries dans les jeunes capsules. Les asticots d'*Asphondylia* se nourrissent de boutons floraux et de jeunes capsules et entraînent la formation de galles. L'altise du sésame (*Alocypha bimaculata*) est le pire ravageur du sud-est de la Tanzanie où elle infeste le feuillage au cours des premiers stades de la croissance. Elle a également été signalée en Ouganda. Les vers gris (*Agrotis* spp.), le criquet *Diabolocatantops axillaris*, la noctuelle *Helicoverpa fletcheri* et la punaise verte *Nezara viridula* causent parfois des dégâts, en Afrique aussi. Dans les graines de sésame stockées, le dermeste des grains (*Trogoderma granarium*) et la bruche (*Callosobruchus analis*) sont courants.

Une bonne conduite de la culture, notamment le traitement des graines, la rotation culturale, un semis effectué à point nommé de même que l'emploi de cultivars résistants, aura pour effet de limiter les dégâts causés par les taches foliaires et les insectes ravageurs. Un certain nombre de produits phytosanitaires ont été recommandés pour lutter contre les maladies et les ravageurs mais ils risquent de ne pas être économiques pour les petits paysans. En Tanzanie, pour combattre l'altise du sésame par exemple, on pulvérise l'insecticide Karate (i.a. λ-cyhalothrine) à raison de 5 ml par litre d'eau sur les jeunes feuilles. Des pulvérisations hebdomadaires d'endosulfan dosées à 5 ml par litre d'eau pendant trois semaines s'avèrent normalement efficaces pour éliminer la chenille tisseuse.

Récolte Le sésame est récolté entre 75–150 jours après le semis, plus couramment entre 100–110 jours. A maturité, les feuilles et les tiges passent du vert au jaune. Les capsules mûrissent de bas en haut sur la plante. Les plantes doivent être récoltées avant que toutes les capsules ne mûrissent, les pertes au champ dues à l'égrenage spontané pouvant atteindre 75%, alors que même chez les types peu sujets à l'égrenage elles peuvent être de l'ordre de 25%. Les paysans récoltent habituellement leurs plantes à la main et les mettent à sécher en moyettes. Une fois séchées, les gerbes de sésame sont apportées sur l'aire, battues et vannées. Les graines nettoyées sont entreposées dans des sacs en jute. Les cultivars résistants à l'égrenage spontané peuvent être moissonnés directement pourvu que ce soit fait soigneusement par des machines spécialement conçues, ou bien d'abord fauchés pour permettre aux plantes de sécher, puis repris par une moissonneuse munie d'un dispositif de ramas-

sage. La vitesse de rotation du tambour de la batteuse doit être lente et un large espace doit être ménagé entre le tambour et le crible concave pour éviter d'endommager les graines.

Rendements Le rendement en graines est directement lié au cultivar et à l'environnement. Le nombre total de capsules, quant à lui, est en étroite corrélation avec le rendement en graines, suivi par le nombre de branches. Le nombre de graines par capsule, leur poids, la teneur en huile et d'autres composants varient avec la position de la capsule, quel que soit le cultivar. Les rendements des petits paysans dépassent rarement les 500 kg/ha en culture pure, tandis qu'en production intensive à forts intrants, ils peuvent atteindre 2000 kg/ha.

Traitement après récolte Les graines de sésame dont la teneur en humidité est inférieure à 8% peuvent être conservées pendant 2 ans dans des récipients hermétiques. L'entreposage en gros de graines nettoyées et séchées pose peu de problèmes, en revanche les graines endommagées ou contaminées par du matériel étranger donnent une huile décolorée ou rance. En général, les graines sont transformées avec leurs téguments, bien que ce soient les graines décortiquées qui produisent la meilleure huile et les meilleurs tourteaux. Traditionnellement, l'huile est extraite pour l'usage domestique en écrasant les graines à la meule, puis en ajoutant de l'eau bouillante à la masse, après quoi l'huile qui surnage est séparée. Or, cette méthode s'avère particulièrement inefficace et donne une huile qui ne se conserve pas longtemps. Des presses manuelles ont été récemment introduites en Afrique de l'Est afin de perfectionner l'extraction au niveau du village. L'extraction de l'huile à grande échelle s'effectue en 3 étapes successives. La première pression à froid produit une huile d'excellente qualité. Les résidus obtenus sont chauffés et pressés, ce qui donne une huile colorée qui doit d'abord être raffinée avant d'être consommée. L'extraction suivante à partir des résidus donne une huile impropre à la consommation humaine. L'huile vierge est filtrée de manière à la débarrasser des impuretés telles que les matières en suspension et les acides gras libres. De même, l'huile est souvent décolorée et désodorisée pour en faire une huile claire et neutre.

Ressources génétiques La variabilité génétique du sésame est grande et beaucoup de prospections restent à faire. Le National Bureau of Plant Genetic Resources, New Delhi (Inde) détient actuellement près de 10 000 entrées de sésame, y compris 2500 entrées ne provenant pas d'Inde. D'autres collections importantes sont détenues par l'Institute of Crop Science (CAAS), Beijing (Chine) avec 4100 entrées, l'Institut Vavilov, St. Petersbourg (Fédération de Russie) avec 1500 entrées, le National Genebank of Kenya, KARI, Maguga (Kenya) avec 1325 entrées, le Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP-INIA), Maracay (Venezuela) avec 1250 entrées, le Plant Genetic Resources Conservation Unit, USDA-ARS, Griffin GA (Etats-Unis) avec 1200 entrées, d'autres collections étant conservées par ex. en Israël, en Corée et au Nigeria. Les collections contiennent de nombreux doublons et de petites sous-collections (core collections) bien identifiées et évaluées sont en cours de constitution.

Sélection Au nombre des objectifs de sélection figurent l'accroissement des rendements, l'amélioration de l'architecture de la plante, l'adaptation du cycle de culture, la résistance aux maladies et aux ravageurs et l'indéhiscence des capsules. Le degré de déhiscence est une caractéristique des cultivars qui joue un rôle capital dans la mécanisation de la récolte. La découverte en 1943 d'un mutant indéhiscent a permis de produire des cultivars non-égrenants mais difficiles à battre. L'introduction d'un caractère donnant des capsules à coques minces chez les plantes indéhiscentes contribua à résoudre le problème. On a également identifié des plantes à fruits partiellement déhiscents, qui s'ouvrent légèrement mais conservent en général leurs graines. C'est le cas des cultivars mis au point par Sesaco Corporation (San Antonio, Texas, Etats-Unis). La hauteur des plantes jusqu'à la première capsule est une autre caractéristique des cultivars qui a son importance pour la mécanisation de la récolte. La découverte d'une stérilité mâle génétique chez le sésame a permis la production de graines hybrides. Les mutations induites jouent un rôle non négligeable dans la sélection du sésame. Un cultivar très cultivé en Corée appelé 'Ahnsankkae' présente une résistance aux maladies induite par rayons X. Un mutant dénommé 'dt45', à croissance déterminée et à capsules groupées au sommet, a été découvert en Israël. Les capsules apicales se composent souvent de 4 carpelles au lieu de 2, et ont de grosses graines. Le gène modifié a été introduit chez de nouveaux cultivars.

L'hybridation interspécifique est possible, et les croisements peuvent produire des graines viables. Les hybrides sont partiellement fertiles. La polyploïdie peut être induite, mais les

graines traitées à la colchicine ont tendance à donner de faibles rendements, bien que le taux de croissance et la vigueur générale des tétraploïdes dépasse celle des diploïdes.

Perspectives Quoique le sésame soit une culture ancienne, tous les espoirs sont permis concernant son amélioration. Le goût si caractéristique de l'huile associé à ses excellentes qualités de cuisson et de conservation en font un produit très prisé aux quatre coins du monde, notamment en Afrique. En tant qu'oléagineux annuel bien adapté aux zones tropicales sèches, il est promis à un brillant avenir en Afrique.

Références principales Alegbejo et al., 2003; Bedigian, 2000; Bedigian, 2003a; Bedigian, 2006; Bedigian (Editor), 2007; Kafiriti & Deckers, 2001; Kolte, 1985; Seegeler, 1983; Weiss, 2000; Weiss & de la Cruz, 2001.

Autres références Agne, Rancé & Bidat E., 2003; Ashri, 1998; Bedigian, 1988; Bedigian, 1998; Bedigian, 2003b; Bedigian, 2004; Bedigian & Harlan, 1983; Bedigian et al., 1985; Bedigian, Smyth & Harlan, 1986; Bhat, Babrekar & Lakhanpaul, 1999; Grougnet et al., 2006; Hiremath & Patil, 1999; IPGRI, 1981; Kamal-Eldin, 1993; Manoharan, Dharmalingam & Manjula, 1995; Mkamilo, 2004; Nanthakumar, Singh & Vaidyanathan, 2000; Pathirana, 1995; Suja, Jayalekshmy & Arumughan, 2004; TARO, 1987; USDA, 2005; Zewdie, 1996.

Sources de l'illustration Weiss & de la Cruz, 2001.

Auteurs G.S. Mkamilo & D. Bedigian
Basé sur PROSEA 14: Vegetable oils and fats.

SIMMONDSIA CHINENSIS (Link) C.K.Schneid.

Protologue Ill. Handb. Laubholzk. 2(7) : 141 (1907).

Famille Simmondsiaceae

Nombre de chromosomes $2n = 26$, 52

Noms vernaculaires Jojoba (Fr). Jojoba, goat nut (En). Jojoba (Po).

Origine et répartition géographique Le jojoba est indigène des déserts du Sonora et du Mojave de Californie et d'Arizona dans le sud-ouest des Etats-Unis, et des régions limitrophes du nord-ouest du Mexique. La similitude entre la cire de jojoba et l'huile de spermaceti fut découverte pour la première fois en 1933, et l'interdiction d'importation de spermaceti aux Etats-Unis en 1971 a relancé tant la mise en valeur du jojoba en tant que plante oléagineuse que sa diffusion en dehors de son milieu d'origine. Sa production a gagné l'Amérique du Sud et centrale, l'Afrique du Sud, l'Australie et Israël. Des plantations expérimentales ont vu le jour dans de nombreux pays en zones sèches tropicales et subtropicales. De vastes plantations expérimentales ont été créées au Soudan, d'autres plus modestes par ex. au Burkina Faso et au Ghana.

Usages Les graines de jojoba ont longtemps été consommées crues ou grillées par les Indiens qui en faisaient une boisson très parfumée proche du café. Toutefois, le principal produit de la plante à l'heure actuelle est une cire liquide obtenue à partir des graines, communément appelée "huile de jojoba", dont les nombreux dérivés sont généralement utilisés dans l'industrie des cosmétiques, comme les produits de soin pour la peau et les cheveux, les huiles de bain, les savons et les pommades. En médecine, elle est appliquée pour soulager les effets du psoriasis et autres affections cutanées. La cire de jojoba et en particulier ses dérivés soufrés sont stables à haute température, ce qui leur permet d'entrer dans la fabrication d'huiles industrielles, de servir d'additifs aux lubrifiants à haute pression et à haute température destinés aux transformateurs et aux boîtes de vitesses, et d'huiles de cisaillage et de filetage en métallurgie. L'huile ou ses dérivés pourraient devenir un carburant pour les moteurs. L'ester méthylique de jojoba est un carburant plus silencieux que le diesel classique et il ne rejette pas de soufre. La cire liquide peut se solidifier et être utilisée dans la confection de bougies par exemple. D'autres applications ont été découvertes dans la fabrication de linoléum et d'encres d'imprimerie. L'huile de jojoba n'est pas digérée par l'homme, et elle a fait l'objet d'essais pour remplacer les matières grasses dans les aliments hypocaloriques. Mais elle provoque des lésions cellulaires et a été écartée en tant qu'huile alimentaire hypocalorique. Le feuillage et les jeunes rameaux font le régal des bovins, des cerfs et des caprins. Pourtant, son rythme de croissance est trop lent pour qu'il puisse devenir une plante fourragère de premier plan. Les tourteaux issus des graines contiennent 30–35% de protéines et servent à l'alimentation animale. Ils ne doivent constituer qu'une infime partie de l'alimentation car toutes les parties du jojoba contiennent le composé modérateur de l'appétit qu'est la simmondsine ; or, même une fois celle-ci éliminée, les tourteaux ne conviennent qu'aux ruminants et encore en quantités limitées. D'autre part, la simmondsine et les tourteaux pour-

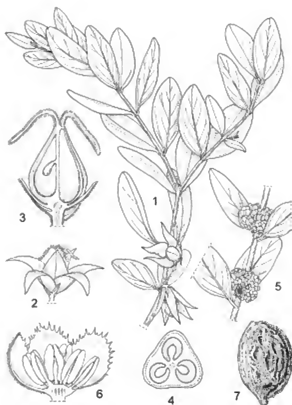
raient trouver des applications dans l'industrie d'alimentation du bétail et des animaux de compagnie en tant qu'additif permettant de réguler l'absorption de divers éléments nutritifs. La simmondsine est déjà commercialisée dans les compléments alimentaires pour sportifs. En Amérique, les indigènes employaient traditionnellement l'huile extraite des graines pour soigner les plaies et les lésions. Au Mexique, l'huile était utilisée traditionnellement pour traiter le cancer, les affections rénales, les rhumes, la dysurie, l'obésité, les douleurs oculaires et les verrues, l'alopécie, et lors de la parturition. Le jojoba est cultivé dans les parcs et les jardins comme plante ornementale.

Production et commerce international La production annuelle mondiale d'huile de jojoba s'élevait en 2000 à quelque 1500 t. Elle ne cesse de progresser, à raison d'environ 10% par an actuellement, grâce à l'extension de nouvelles plantations et l'arrivée à maturité des plantations existantes. Les Etats-Unis et l'Argentine sont les principaux producteurs et exportateurs, l'Australie, le Chili, l'Egypte, Israël, le Mexique, le Pérou et l'Afrique du Sud en produisant de petites quantités. Le sud-ouest des Etats-Unis à lui seul compte près de 17 000 ha de jojoba cultivé.
Les prix des graines et de l'huile de jojoba ont énormément fluctué dans les années 1980 et 1990, passant de US$ 25 à moins de US$ 2 par kg de graines. Depuis la fin des années 1990, le prix de l'huile de jojoba s'est stabilisé aux alentours de US$ 11 par kg.

Propriétés La graine de jojoba contient approximativement par 100 g : eau 4–5 g, protéines 15 g, cire 50–54 g, glucides totaux 25–30 g, fibres 3–4 g et cendres 1–2 g. La cire de jojoba est jaune d'or et se compose essentiellement d'esters d'acides gras à longue chaîne mono-insaturés et d'alcools gras mono-insaturés, principalement l'eicos-11-énol et l'acide eicos-11-énoïque (tous les deux en C_{20}), le docos-13-énol et l'acide docos-13-énoïque (tous deux en C_{22}) ainsi que de petites quantités d'acide octadéc-9-énoïque (C_{18}) et de tétracos-15-énol (C_{24}). Ces esters sont rares chez les plantes et remplacent les réserves graisseuses ordinaires. Les liaisons insaturées sont sensibles aux réactions chimiques telles que la sulfuration, la saturation et l'isomérisation. La composition de la cire de jojoba lui permet de résister à des températures élevées pouvant atteindre 300°C puisqu'elle a un point d'éclair à 295°C, un point de feu à 338°C, et une faible volatilité. Les propriétés de la cire de jojoba sont comparables à celles du sébum sécrété par la peau de l'homme et elle peut être utilisée pour huiler la peau et les cheveux afin de les protéger du rayonnement ultraviolet par ex. La cire est relativement dépourvue de toxicité, biodégradable et ne rancit pas.
Le tourteau de jojoba contient 25–30% de protéines brutes et est riche en fibres alimentaires. Les protéines montrent un déséquilibre des acides aminés soufrés : en effet, la teneur en cystine est élevée, alors que celle en méthionine est basse. Toutes les parties de la plante contiennent des toxines modératrices de l'appétit, la simmondsine ainsi que des glucosides voisins, les cyanométhylène-cyclohexyls. Les effets toxiques du jojoba semblent être dus en grande partie aux propriétés antiappétantes de la simmondsine 2-férulate. Les graines contiennent 2,25–2,34% de simmondsine, les coques 0,19%, le bois de cœur 0,45%, les feuilles 0,19–0,23%. La simmondsine est particulièrement toxique pour les non ruminants et la volaille. Des rats dont le régime alimentaire se composait de 30% de tourteau de jojoba sont morts de faim au bout de 2 semaines. Une alimentation à base de 10% de tourteau de jojoba a provoqué une baisse de leur poids et de leur taux de croissance, mais ils n'en sont pas morts. En complément alimentaire, les tourteaux entraînent une mue forcée de la volaille et perturbent aussi sa reproduction. Aux Etats-Unis, la Food and Drugs Administration (FDA) autorise l'ajout de 5% de tourteau détoxifié aux aliments du bétail.

Falsifications et succédanés La cire de jojoba a des propriétés comparables à celles du spermaceti (*Physeter macrocephalus* et ses voisins) et à l'huile d'un poisson pélagique, l'empereur (*Hoplostethus atlanticus*), mais elle les dépasse en longueur de chaîne. Tandis que la chasse commerciale au cachalot est illégale, la pêche hauturière prend souvent l'empereur dans ses filets, mais les réserves de l'espèce animale s'amenuisent rapidement.
Les gènes qui codent pour les enzymes responsables de la production d'acides gras à longue chaîne et d'alcool à longue chaîne, de même que le gène codant pour la formation de la cire, ont été isolés de plantes de jojoba et incorporés dans des espèces de *Brassica* qui conviennent mieux à des modes de production intensifs et bon marché.

Description Arbuste sempervirent, dioïque, à nombreuses tiges et fortement ramifié, atteignant 2,5(–6) m de haut, à tiges érigées ou semi-prostrées, à jeunes parties recouvertes



Simmondsia chinensis –1, rameau femelle en fleurs ; 2, fleur femelle ; 3, fleur femelle en coupe longitudinale ; 4, ovaire en coupe transversale ; 5, rameau mâle en fleurs ; 6, fleur mâle en coupe longitudinale ; 7, graine.
Source: PROSEA

généralement de poils doux. Feuilles opposées décussées, simples et entières, sans stipules, presque sessiles ; limbe ovale à elliptique, de 1,5–4 cm × 0,5–2 cm, coriace. Fleurs unisexuées, régulières, dépourvues de pétales ; fleurs mâles en fascicules axillaires, denses, jaunâtres, avec environ 5 sépales frangés d'environ 6 mm de long et 8–16 étamines libres à courts filets trapus ; fleurs femelles généralement solitaires, verdâtres, avec environ 5 sépales foliacés d'environ 13 mm de long, ovaire supère, 3-loculaire, styles 3, réfléchis. Fruit : capsule ovoïde, obtuse-triangulaire, en partie enchâssée par les sépales hypertrophiés, 3-valve, contenant 1(–3) graines. Graines ovoïdes, de 1–1,5(–3) cm de long, marron clair à noires ; cotylédons épais, charnus.

Autres données botaniques *Simmondsia*, le seul genre des *Simmondsiaceae*, comprend une seule espèce. Auparavant, il était classé sous les *Buxaceae*, mais il diffère par la structure de sa fleur, la morphologie de son pollen, l'embryologie et la phytochimie.

Croissance et développement Après la germination, le jojoba forme une racine pivotante qui pénètre profondément dans le sol (jusqu'à 10 m), et qui peut atteindre 60 cm avant la levée de la pousse. Après la racine pivotante, c'est au tour de plusieurs racines latérales de se développer en profondeur, mais l'étalement latéral du système racinaire est limité. Un système de fines racines secondaires se développe à proximité de la surface. Les individus sauvages peuvent devenir de petits arbres, en particulier en zone humide, mais la plupart du temps ce sont des arbustes à plusieurs tiges. Les feuilles de jojoba peuvent tomber à la suite d'une grande sécheresse mais vivent en général 2–3 ans. Le jojoba a une photosynthèse en C_3.

L'anatomie de la tige chez *Simmondsia* est particulière et se caractérise par l'absence de cernes annuels de croissance. La croissance secondaire est marquée par une série de cercles concentriques. Avec le temps, une série de cambiums se forme dans le parenchyme secondaire périvasculaire formant ainsi de nouveaux phloème et xylème.

En culture, les plantes mâles peuvent commencer à fleurir 2 ans après la plantation, les femelles jusqu'à 1 an plus tard. La floraison s'effectue uniquement sur de nouvelles pousses et elle est déclenchée par des températures basses. Des cultivars ayant des besoins de vernalisation différents ont été sélectionnés. Les boutons floraux peuvent rester dormants jusqu'à ce qu'il y ait suffisamment d'humidité. Une sécheresse prolongée peut faire avorter les boutons floraux et les jeunes fruits. Les fleurs femelles apparaissent la plupart du temps à un nœud sur deux, mais il existe des sélections qui fleurissent sur chaque nœud.

Le jojoba est anémogame. Le pollen est produit en grandes quantités et les plantes mâles en fleurs sont souvent visitées par les abeilles. Les grains de pollen peuvent parcourir une distance supérieure à 30 m même avec seulement une légère brise, ce qui a pour effet de rendre la pollinisation très efficace. Le développement du fruit nécessite 3–6 mois.

L'espérance de vie du jojoba peut dépasser 200 ans.

Ecologie Le milieu naturel du jojoba comprend les grands espaces semi désertiques du Sonora et du Mojave, au sud de la Californie, en Arizona et au nord-ouest du Mexique. Son expansion dans des zones où le climat serait plus favorable à son développement semble limitée par sa sensibilité au pâturage. Dans son milieu naturel, il est présent jusqu'à 1500

m d'altitude, dans des régions où les précipitations annuelles atteignent environ 250 mm sur les côtes et environ 400 mm à l'intérieur des terres, et où les températures annuelles moyennes sont comprises entre 16–26°C. A l'intérieur des terres et avec des précipitations inférieures à 300 mm, on ne trouve le jojoba qu'au bord de cours d'eau temporaires ou à la confluence d'eaux de ruissellement. Il tolère les températures extrêmes ; des plantes arrivées à maturité peuvent supporter des minima allant jusqu'à −1°C et des maxima de 55°C. Les dégâts causés par le gel sont fréquents sur les peuplements naturels et représentent un risque non négligeable en culture. Les semis sont très sensibles au gel. Des températures très élevées provoquent le dessèchement des jeunes rameaux, des feuilles et des fruits, sans toutefois entraîner la mort des plantes. Le jojoba pousse sur des sols bien drainés sablonneux, graveleux, neutres à légèrement alcalins (pH 7,3—8,2), souvent riches en phosphore. Certaines sélections tolèrent la salinité ; elles poussent et ont un bon rendement sur des sols dont la conductivité électrique est de 38 dS/m, ou qui sont irrigués avec une eau saline dont la conductivité atteint 7,3 dS/m.
Le jojoba est cultivé dans des zones où la pluviométrie annuelle est comprise entre 300–750 mm. Des précipitations supérieures à 750 mm risquent d'accroître l'incidence des maladies fongiques.

Multiplication et plantation Les premières plantations de jojoba ont été mises en place à partir de semences récoltées sur des peuplements sauvages, mais elles ne se sont pas avérées productives d'un point de vue économique. Les nouvelles plantations sont nombreuses à utiliser des boutures ou des semences issues de plantes sélectionnées. On peut utiliser la multiplication par boutures de rameau herbacé issues d'arbustes sélectionnés et traités à l'AIB. C'est une plantation en pépinière sous brumisation qui convient le mieux aux boutures. Il leur faut entre 25–40 jours pour prendre racine. Des boutures à cinq nœuds prélevées sur des plantes en pleine croissance donnent des plantes pourvues d'un système racinaire fortement développé. En cas d'utilisation de graines, la germination est possible même au bout de 6 mois, mais leur viabilité chute jusqu'à moins de 40% au bout de 10 ans de stockage à température ambiante. On pratique le semis direct au champ ou le repiquage de plants de pépinière. En pépinière, la graine est semée de préférence dans un sable légèrement alcalin ou dans la vermiculite à des températures de 27–38°C. Les semis ont besoin d'être irrigués et protégés des animaux brouteurs. Le repiquage doit être effectué avec le plus grand soin afin d'éviter d'endommager le système racinaire. Des méthodes de multiplication clonale in vitro rapide ont été mises au point, mais l'endurcissement ultérieur des jeunes plantes demeure problématique. Une fois la terre préparée, les plants sont mis en place en respectant un espacement d'environ 4,5 m entre les lignes et de 2 m sur la ligne, en fonction de l'eau disponible et des impératifs de mécanisation. Si on ne prévoit pas de mécanisation, l'espacement entre les lignes peut être réduit. Des systèmes de haies avec un espacement limité à 15 cm sur la ligne ont également été proposés et adoptés récemment.
La bonne proportion de plantes femelles par rapport aux mâles est de 6:1. En cas d'utilisation des graines, il est donc conseillé de semer dense au départ et d'éclaircir ensuite les plantes mâles en surnombre. Le décalage temporel dans la floraison entre les plantes mâles et les plantes femelles permet une première élimation des plantes mâles indésirables.

Gestion La lutte contre les mauvaises herbes doit se faire avant la plantation, puis régulièrement au cours des 3 premières années après la plantation. Après quoi, les plantes de jojoba seront assez grandes pour empêcher les mauvaises herbes de pousser en leur faisant de l'ombre. En présence d'animaux herbivores, il faut clôturer les champs. La taille est nécessaire pour éviter que les branches basses ne touchent le sol et il débute d'ordinaire lorsque les plantes ont 1–1,5 an. Plus tard, les plantes femelles sont taillées en culture intensive de façon à leur donner un port érigé. Pour les plantes mâles, un port plus large est plus souhaitable. On continue à mettre au point des systèmes de taille de jeunes plantations issues de boutures. L'irrigation augmente considérablement à la fois la croissance et les rendements, d'autant plus lorsqu'elle est associée avec les engrais NPK. Des régimes d'irrigation oscillant entre 500–1000 mm/an ont été appliqués en Israël. L'apport d'eau doit cesser avant l'hiver de manière à permettre aux plantes de se reposer. La réaction du jojoba à l'apport d'engrais est mal connue.

Maladies et ravageurs Le jojoba est sensible aux flétrissures fongiques comme *Verticillium*, *Fusarium*, *Pythium* et *Phytophthora* sur des sols mal drainés. *Phytophthora parasitica* et *Pythium aphanidermatum* en particulier,

peuvent provoquer la pourriture racinaire dans les plantations. En général, toutefois, ces maladies ne causent pas de dégâts économiques importants. *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* et d'autres maladies communes des pépinières ont été signalées chez des plantes élevées en pépinière. Les animaux herbivores et les rongeurs sont les principaux ravageurs et, dans bien des endroits, les plantations doivent être clôturées. S'il est vrai qu'un certain nombre d'espèces d'insectes se nourrissent de jojoba, ce qui n'est pas anodin pour la croissance ou la production, jusqu'à présent aucune d'elles n'est devenue un véritable ravageur.

Récolte Dans de nombreux pays la récolte est manuelle, alors que les Etats-Unis, l'Australie et Israël utilisent du matériel spécialement conçu pour récolter le jojoba. En plantations de type verger ou de type haies, les graines peuvent être ratissées sous les arbustes puis ramassées, à condition qu'il n'y ait pas de sous-bois. Les graines de jojoba ne mûrissant pas toutes en même temps, plus d'un passage peut donc s'avérer nécessaire.

Rendements Dans les premières plantations, les jojobas issus de graines ne donnaient que quelques centaines de kg de graines/ha et n'étaient pas rentables d'un point de vue économique. Dans les plantations clonales plus récentes, les rendements peuvent atteindre environ 1000 kg/ha en culture pluviale moyenne et 2000 kg/ha en culture irriguée, mais des rendements jusqu'à 4000 kg/ha ont été signalés.

Traitement après récolte La graine de jojoba a besoin d'être nettoyée et séchée jusqu'à 9–10% d'humidité avant d'être stockée. L'huile est extraite des graines par pressage. Pour de nombreuses utilisations industrielles, il n'est pas nécessaire de procéder à un raffinage supplémentaire.

Ressources génétiques La plus importante collection de ressources génétiques de jojoba, riche de plus de 150 entrées, est conservée à l'USDA-ARS National Arid Land Germplasm Resources Unit, Parlier, Californie, Etats-Unis. Plusieurs stations régionales (Regional Plant Introduction Stations) possèdent aussi du matériel génétique à évaluer et diffuser. D'autres collections sont détenues par Israël et l'Australie.

Sélection Chez le jojoba, la variabilité génétique est étendue et la sélection des caractères désirés peut être menée à bien dans des plantations hétérogènes issues de graines de plantes sauvages. Le travail de sélection est axé sur le rendement, la teneur en huile et en simmondsine. Parmi les objectifs de sélection supplémentaires figurent un ratio élevé entre boutons floraux et nœuds, la tolérance au gel et de faibles besoins de vernalisation. La sélection de plantes adaptées à une récolte mécanique est aussi en cours. Des clones supérieurs ont été découverts en Australie, en Israël et aux Etats-Unis. Parmi les clones à haut rendement et ne nécessitant que peu de vernalisation, on trouve 'Q-106', 'MS 58–13' et 'Gvati' en provenance d'Israël.

Perspectives Grâce à la forte demande actuelle en huile, le jojoba peut être considéré comme une plante promise à un bel avenir, même si l'enthousiasme débordant du début qui voyait en lui une espèce très rentable pour les zones sèches et semi-arides est retombé après les nombreux efforts infructueux pour réussir à le cultiver dans une optique économique. De nouvelles plantations qui se lancent dans la production vont continuer à consolider l'offre et à empêcher les prix de monter. Il n'est pas non plus exclu que la concurrence acharnée venant des espèces de *Brassica* génétiquement modifiées ait une influence négative sur le marché. Néanmoins, des plantations bien gérées alliées à l'utilisation d'un matériel végétal à haut rendement et adapté aux conditions locales devraient permettre de garder espoir. Des essais complémentaires menés sur le jojoba dans les régions sèches d'Afrique tropicale, comme au Soudan et dans la zone sahélienne, sont donc préconisés.

Références principales Ash, Albiston & Cother, 2005; Benzioni, 1995; Benzioni & Forti, 1989; Botti et al., 1998; Kleiman, 1990; Naqvi & Ting, 1990; Oyen, 2001; Purcell et al., 2000; Weiss, 2000; Wisniak, 1994.

Autres références Abbot et al., 1990; Bailey, 1980; Benzioni et al., 2005; Benzioni et al., 2006; Canoira et al., 2006; Cother et al., 2004; Duke, 1983c; Foster, Jahan & Smith, 2005; Hogan & Bemis, 1984; Kaufman et al., 1999; Lassner, Lardizabal & Metz, 1999; Milthorpe, 2006; Nimır & Ali-Dinar, 1991; Tobares et al., 2004; Undersander et al., 1990; Vaknin, Mills & Benzioni, 2003.

Sources de l'illustration Oyen, 2001.

Auteurs D.M. Modise

Basé sur PROSEA 14: Vegetable oils and fats.

SYMPHONIA LOUVELII Jum. & H.Perrier

Protologue Agric. prat. Pays chauds 21(2) : 19 (1912).

Famille Clusiaceae (Guttiferae)

Origine et répartition géographique *Symphonia louvelii* est endémique du nord et de l'est de Madagascar.

Usages L'huile des graines, le fruit, le bois et l'exsudat de *Symphonia louvelii*, localement appelé "kizavahy", et de plusieurs autres espèces de *Symphonia* sont utilisés à Madagascar. Les graines sont récoltées pour leur huile, qui n'est pas comestible, mais qu'on utilise pour les cheveux et le corps et dans les produits pharmaceutiques. La pulpe du fruit est comestible et on la fait souvent fermenter pour la transformer en boisson distillée. Le bois est apprécié pour les meubles, l'ébénisterie, la menuiserie et la construction de bateaux, mais il convient aussi aux constructions intérieures, à la parqueterie, aux cageots, aux caisses et aux ustensiles, ainsi que comme bois de feu. L'exsudat obtenu par incision de l'écorce est utilisé pour calfater les bateaux et réparer les manches d'outils. En médecine traditionnelle, on s'en sert en fumigation pour prévenir toutes sortes de maladies, notamment la variole, et en usage externe, il s'applique sur les tumeurs, les écorchures et la gale. Avec les rameaux de plusieurs espèces de *Symphonia*, on fabrique des couronnes qui se portent sur la tête pendant les cérémonies et les fêtes.

Production et commerce international Les fruits sont parfois proposés à la vente sur les marchés de villages.

Propriétés Les graines de *Symphonia louvelii* produisent environ 40% d'huile. Le point de fusion de l'huile est de 15–16°C. Elle contient environ 65% d'acides gras insaturés, principalement de l'acide oléique. Elle convient à la fabrication de savon et de bougies. L'exsudat jaune d'or de l'écorce vire rapidement au brun à l'exposition. Il contient des xanthones et aurait dit-on des effets anticancéreux.

Le bois de cœur des espèces malgaches de *Symphonia* (appelé "kijy") est brun chamois avec des nuances de jaune ou orange, et se distingue nettement de l'aubier. Le fil est généralement droit, le grain moyennement grossier à grossier. Le bois a des reflets moyens et une apparence farineuse, avec des plis et des arcs visibles sur la surface radiale, et des marbrures sur la surface tangentielle. Il est moyennement lourd et dur. Le retrait au séchage est considérable. Le séchage à l'air de planches de 25 mm d'épaisseur prend environ 2 mois, celui de planches de 80 mm d'épaisseur, 6 mois. Le bois se travaille facilement, et ses propriétés de collage, de peinture et de vernissage sont bonnes. Il est souple et possède d'excellentes propriétés de cintrage à la vapeur, qui en font un bois de prédilection dans les constructions navales. Il n'est que moyennement durable dans des conditions humides ou en contact avec le sol, mais il n'est pas facilement affecté par l'eau salée.

Botanique Arbre sempervirent atteignant 20 m de haut, glabre, à exsudat collant, jaune d'or ; écorce lisse, jaunâtre ; branches horizontales. Feuilles opposées, simples et entières ; stipules absentes ; pétiole de 2–5(–12) mm de long ; limbe obovale-oblong à oblancéolé, de 3–6 cm × 1–2,5 cm, cunéiforme à la base, obtus ou arrondi à l'apex, coriace, vert foncé, pennatinervé à 12–16 paires de nervures latérales peu visibles. Inflorescence : courte cyme terminale ombelliforme, à 2–6 fleurs. Fleurs bisexuées, régulières, 5-mères, rouge-orange ; pédicelle de 1–2 cm de long ; sépales ovales à presque orbiculaires, inégaux, de 4–6 mm × 4–6 mm ; pétales ovales à presque orbiculaires, de 10–12 mm de long, charnus et cireux ; disque cupuliforme, d'environ 2 mm d'épaisseur, ondulé ; étamines en 5 groupes de (3–)4, réunies à la base en un tube d'environ 10 mm de long, anthères à appendices aussi longs qu'elles ; ovaire supère, cannelé, 5-loculaire, style allongé, à 5 courts stigmates. Fruit : baie ovoïde charnue à 5 côtés arrondis, atteignant 16 cm × 10 cm, pointue, lisse ou verruqueuse, brun pâle, à 3–5 graines. Graines réniformes, tégument mince.

Le genre *Symphonia* comprend environ 20 espèces, et toutes sauf *Symphonia globulifera* L.f. sont endémiques de Madagascar. Plusieurs espèces sont indistinctement exploitées à Madagascar pour l'huile de leurs graines, leur fruit comestible, leur bois et leur exsudat, qui ont tous des propriétés similaires. A côté de *Symphonia louvelii*, les espèces les plus importantes sont *Symphonia clusioides* Baker, originaire des montagnes du centre de Madagascar, *Symphonia fasciculata* (Noronha ex Thouars) Vesque, répandu dans l'est de Madagascar, *Symphonia macrocarpa* Jum. & H.Perrier, peu commun, dans l'est de Madagascar, *Symphonia tanalensis* Jum. & H.Perrier, présent au centre et à l'est de Madagascar, *Symphonia urophylla* (Decne. ex Planch. & Triana) Benth. & Hook.f. ex Vesque (synonyme : *Symphonia laevis* Jum. & H.Perrier), des montagnes du centre de Madagascar, et *Symphonia verrucosa* (Hils. &

Bojer ex Planch. & Triana) Benth. & Hook.f., peu commun, dans l'est de Madagascar.

Ecologie Les espèces malgaches de *Symphonia* sont des arbres forestiers sciaphiles qui poussent en dessous de l'étage supérieur de la canopée. *Symphonia louvelii* est présent dans les forêts humides sempervirentes, depuis le niveau de la mer jusqu'à 1700(–2300) m d'altitude.

Ressources génétiques et sélection Le centre de diversité de *Symphonia* est à Madagascar, où il se limite à la forêt sempervirente. Avec la déforestation ininterrompue dont Madagascar fait l'objet, plusieurs espèces sont probablement aujourd'hui menacées, comme celles du centre, où il ne reste que peu de forêts naturelles. Cependant, aucune espèce de *Symphonia* ne figure encore sur les listes rouges. *Symphonia louvelii* est l'une des espèces les plus répandues, mais son statut est incertain concernant d'éventuelles menaces et des mesures de conservation, et devrait être évalué comme c'est le cas d'autres espèces de *Symphonia*.

Perspectives Bien que les *Symphonia* spp. soient des arbres polyvalents à Madagascar, on ne sait pas assez de choses à leur sujet pour évaluer leurs perspectives. Des recherches sur tous les aspects sont nécessaires et urgentes, et plusieurs espèces méritent d'être domestiquées.

Références principales Boiteau, Boiteau & Allorge-Boiteau, 1999; Guéneau, Bedel & Thiel, 1970–1975; Perrier de la Bathie, 1951; Sonntag, 1918.

Autres références Decary, 1946; Styger et al., 1999.

Auteurs R.H.M.J. Lemmens

TELFAIRIA PEDATA (Sm. ex Sims) Hook.

Protologue Bot. Mag. 54 : t. 2751–2752 (1827).

Famille Cucurbitaceae

Nombre de chromosomes $2n = 22$

Noms vernaculaires Kouémé, bane, châtaigne de l'Inhambane, liane de Joliff (Fr). Oyster nut, Queen's nut, Zanzibar oil vine (En). Castanha de Inhambane, sabina (Po). Mkweme, mkwema (Sw).

Origine et répartition géographique *Telfairia pedata* est indigène de Tanzanie continentale, du nord du Mozambique et des îles de Zanzibar et Pemba. Il est cultivé en Afrique centrale, orientale et australe depuis le Rwanda et l'Ouganda jusqu'à l'Ethiopie, et vers le sud, en passant par la Tanzanie, jusqu'à la



Telfairia pedata – sauvage et planté

Zambie, au Malawi, au Mozambique et à l'Afrique du Sud. On l'a cultivé à Madagascar et à Maurice, mais son importance y a décru.

Usages Les graines de *Telfairia pedata* sont consommées crues, bouillies ou grillées, et on dit qu'elles sont aussi bonnes que les amandes ou les noix du Brésil. On les emploie en confiserie, et elles sont également conservées au vinaigre. En Afrique de l'Est, on les donne aux mères allaitantes pour améliorer la lactation. L'amande de la graine contient une excellente huile comestible, appelée "oyster-nut oil" ou "kouémé de Zanzibar". Elle est employée dans les cosmétiques, et dans la fabrication de savon et de bougies. En Afrique de l'Est, l'huile sert de remède contre les maux d'estomac et les rhumatismes. Les Wachaggas de Tanzanie emploient les graines comme tonique après l'accouchement. Après extraction de l'huile, le tourteau constitue un excellent aliment pour le bétail, en raison de sa richesse en protéines.

Production et commerce international Le kouémé est un article de commerce international, bien que la plus grande partie de la production aille à la consommation familiale et au commerce local. Les données sur sa production et sa commercialisation sont pratiquement inexistantes.

Propriétés Le tégument de la graine représente jusqu'à 40% de son poids total. La composition de 100 g d'amande est la suivante : eau 3,5 g, protéines 27 g, lipides 66 g. L'huile qui en est extraite a un goût agréable, légèrement sucré. La composition en acides gras de cette huile est la suivante : acide oléique 11,5%, acide linoléique 32,5%, acide linolénique 5%, acide palmitique 24,5%, acide stéarique

18%. La graine a de bonnes qualités de conservation, et peut se garder jusqu'à huit ans tout en restant en excellente condition lorsqu'on la décortique.

Description Liane dioïque atteignant 30 m de longueur ; système racinaire profond, épais, tubérisé ; tige initialement herbacée, cannelée, glabre, grimpant à l'aide de vrilles axillaires bifides, se lignifiant avec l'âge et atteignant 10 cm de diamètre ; jeunes rameaux glabres et verts. Feuilles disposées en spirale, composées pédalées à 5–7 folioles ; stipules absentes ; pétiole de 2,5–10 cm de long ; folioles à pétiolules de 1–6,5 cm de long, la foliole centrale plus grande, de 5,5–14 cm × 2–7,5 cm, oblongues à elliptiques, acuminées, dentées surtout dans la partie apicale, glabres ou légèrement poilues sur les nervures principales, folioles latérales parfois lobées à la base. Inflorescence unisexuée ; inflorescence mâle : grappe axillaire lâche de 6–23,5 cm de long, à bractées largement ovales, de 4–10 mm de long, dentées, pubescentes, soudées aux pédicelles ; fleurs femelles solitaires à l'aisselle des feuilles. Fleurs 5-mères, rose violacé, pédicelle jusqu'à 14 cm de long, réceptacle campanulé, sépales triangulaires, de 12–18 mm de long, aigus, pubescents et courtement laciniés, pétales obovales, de 2–3,5 cm de long, ridés, frangés de rose violacé ; fleurs mâles à 3–5 étamines libres ; fleurs femelles semblables aux fleurs mâles, mais légèrement plus grandes et avec un ovaire infère cylindrique, côtelé. Fruit : baie ellipsoïde pendante, de 30–90 cm × 15–25 cm, pesant jusqu'à 15 kg, avec une base lobée élargie et 10 côtes peu marquées, initialement vert pâle mais virant au vert jaunâtre à maturité, s'ouvrant tardivement par 10 valves, renfermant de nombreuses graines. Graines en forme d'huître, aplaties, de 33–40 mm de diamètre, de 10–13 mm d'épaisseur, encloses dans une enveloppe fibreuse et réticulée. Plantule à germination épigée.



Telfairia pedata – 1, partie de tige avec inflorescence mâle ; 2, partie de tige avec fleur femelle ; 3, fruit ; 4, graine.
Redessiné et adapté par Iskak Syamsudin

Autres données botaniques Le genre *Telfairia* est classé dans la tribu *Joliffieae* de la sous-famille *Cucurbitoideae*. Il comprend 3 espèces, parmi lesquelles *Telfairia occidentalis* Hook.f. ("courge cannelée") cultivée en Afrique de l'Ouest comme légume. Dans la documentation agricole, les deux espèces sont parfois confondues.

Croissance et développement Les graines de kouémé germent 2–3 semaines après le semis. La croissance initiale est rapide ; les plantes peuvent atteindre une longueur de 7 m en 6 mois, et de 15 m en 18 mois. Les plantes mâles et femelles ne peuvent être distinguées jusqu'à la floraison. Celle-ci démarre normalement 15–18 mois après le semis, et les premiers fruits mûrissent 4–6 mois plus tard. Dans de bonnes conditions, il est possible de faire 2 récoltes par an, et les fleurs et les fruits peuvent être présents en même temps. La pollinisation est probablement effectuée par les insectes, mais il est probable qu'il y ait une production de graines apomictiques. Dans des conditions favorables, les plantes restent productives jusqu'à 20 années. Lorsqu'elles ne sont pas contrôlées, les lianes peuvent submerger des arbres de 15–20 m de hauteur et les écraser sous leur poids.

Ecologie *Telfairia pedata* se rencontre dans les forêts littorales de basses terres et dans les ripisylves jusqu'à 1100 m d'altitude dans des zones à 1000 mm ou plus de pluviométrie annuelle. En culture, on le trouve jusqu'à 2000 m d'altitude, mais aux hautes altitudes les rendements sont nettement plus faibles. Il prospère sur des sols moyennement limoneux bien drainés, et il est résistant à la sécheresse.

Multiplication et plantation *Telfairia pedata* est multiplié principalement par graines. Celles-ci ont une courte période de viabilité.

Une alternance de trempage et de séchage favorise la germination. Dans les jardins familiaux, les graines sont souvent mises en terre directement sur les lignes d'égouttement de grands arbres ; pour des plantations plus importantes, il est recommandé de recourir à des pépinières. La multiplication végétative est efficace en recourant au marcottage et au bouturage, les boutures s'obtenant facilement par émondage. Les boutures de tige s'enracinent en 2–3 semaines, et produisent des pousses 6–7 semaines après la mise en terre. Du fait que l'espèce est dioïque, la multiplication végétative permet d'éviter la prépondérance des plantes mâles comme cela se produit dans la nature. La densité de plantation est d'environ 190 plantes femelles par ha, plus 10–15 plantes mâles par ha pour obtenir une bonne fécondation.

Gestion Les cultures commerciales de *Telfairia pedata* se font sur des treilles de 2 m de hauteur. Celles-ci doivent être très robustes et durables pour supporter la masse des lianes. Les treilles sont espacées de 3–4 m, et les plantes sont mises en place à intervalles de 15 m. Sur chaque plante, on laisse 1–3 tiges se développer. Dans les jardins familiaux, les plantes peuvent être cultivées sur treilles jusqu'à ce qu'elles atteignent les branches des arbres supports. *Telfairia pedata* est un élément des riches systèmes agroforestiers du mont Meru et du mont Kilimandjaro en Tanzanie, où il est cultivé en association avec des caféiers et des bananiers.

Maladies et ravageurs En dehors des ravageurs non spécialisés tels que sauterelles et termites, on a noté peu d'ennemis sur *Telfairia pedata*. Des nématodes à kystes (*Heterodera* spp.) peuvent s'attaquer aux racines, et une punaise de la famille des Pentatomidés, *Piezosternum calidum*, a causé de sérieux dégâts en Ouganda.

Récolte Lorsque les fruits sont mûrs, ils s'ouvrent graduellement. Pour obtenir le maximum de saveur, on doit laisser les graines mûrir dans le fruit, et les récolter de une semaine à 10 jours après que le fruit a commencé à se fendre.

Rendements *Telfairia pedata* produit 10–30 fruits dans sa troisième année. Les bonnes plantations peuvent atteindre un rendement annuel en graines de 3–7 t/ha.

Traitement après récolte Pour éliminer le principe amer, on peut tremper les graines entières pendant 8 heures dans 3 bains successifs d'eau. Pour enlever l'amande du tégument, on élimine tout d'abord en partie l'enveloppe fibreuse en la coupant. Ensuite le tégument est cassé et ouvert en s'aidant d'un couteau. Un homme peut décortiquer environ 2 kg de graines par heure. On peut aussi décortiquer les graines mécaniquement. Avant d'extraire l'huile, il faut éliminer avec soin le tégument qui entoure la graine et dont la présence même en petite quantité communiquerait à l'huile un goût amer. La difficulté de l'éliminer complètement rend l'extraction commerciale de l'huile difficile à réaliser.

Ressources génétiques L'aire naturelle de *Telfairia pedata* est assez limitée, comprenant l'est de la Tanzanie et le nord du Mozambique. Il peut en résulter que les populations naturelles soient menacées d'érosion génétique avec la destruction de leur milieu. On ne connaît l'existence d'aucune collection de ressources génétiques.

Perspectives Le kouémé a une certaine importance économique en Afrique centrale et orientale en raison de sa graine. Il y avait un marché d'exportation florissant vers l'Europe, mais son importance actuelle est inconnue. La collecte et l'évaluation de ressources génétiques est nécessaire d'urgence. La conduite des plantations commerciales et la technologie après la récolte méritent l'attention de la recherche.

Références principales FAO, 1988; Jeffrey, 1978; Jeffrey, 1980; Mnzava & Bori, 1985; Okoli, 1988; Poppleton, 1939; World Agroforestry Centre, undated.

Autres références Goodchild, 1967; Griesbach, 1992; Jamieson, 1938; Jeffrey, 1967; Keraudren, 1966; Keraudren-Aymonin, 1993; Okoli, 1987a; Okoli, 1987b; Okoli, 1989; Okoli & McEuen, 1986; O'Kting'ati et al., 1984; Vaughan, 1970.

Sources de l'illustration Jeffrey, 1978.

Auteurs B.E. Okoli

TRIADICA SEBIFERA (L.) Small

Protologue Florida trees : 59 (1913).

Famille Euphorbiaceae

Nombre de chromosomes $2n = 36$

Synonymes *Stillingia sebifera* (L.) Michx. (1803), *Sapium sebiferum* (L.) Roxb. (1832).

Noms vernaculaires Boiré, arbre à suif (Fr). Chinese tallow tree, candleberry tree, popcorn tree (En). Árvore do sebo, pau do sebo (Po).

Origine et répartition géographique *Triadica sebifera* est indigène de Chine et du Japon où il est cultivé depuis longtemps, mais moins

maintenant. Il a été largement introduit en tant qu'arbre ornemental dans les pays tropicaux et subtropicaux, comme dans le nord de l'Inde, au Pakistan, dans le sud des Etats-Unis et sur le pourtour de la mer Noire. Dans nombre de ces régions il s'est naturalisé, se transformant parfois en adventice. Il est quelquefois planté en Afrique tropicale, où il est présent du Soudan à l'Afrique du Sud.

Usages Le fruit de *Triadica sebifera* contient deux types de matière grasse : le tégument externe blanc, charnu (sarcotesta) donne une matière grasse connue dans le commerce sous le nom de "suif végétal chinois" ou encore de "pi-yu", alors que l'amande produit une huile siccative appelée dans le commerce "huile de stillingia" ou "ting-yu". Le suif végétal est largement utilisé en Chine dans l'alimentation, pour remplacer le suif animal ainsi que pour l'éclairage. Les bougies faites à partir d'un mélange de 10 doses de suif végétal pour 3 doses de cire d'abeille blanche ont la réputation de conserver à jamais leur blancheur immaculée et de se consumer avec une flamme claire et lumineuse, sans odeur ni fumée. Ailleurs, le suif végétal chinois est utilisé en savonnerie, pour remplacer le beurre de cacao et pour renforcer la consistance de graisses alimentaires molles. L'huile de stillingia sert en peinture et pour les vernis, pour l'éclairage et pour imperméabiliser les parapluies. Tant le suif végétal que l'huile de stillingia servent à allonger les carburants sur une petite échelle. Le tourteau issu de l'extraction du suif et de l'huile est impropre à l'alimentation animale car il contient des saponines, mais peut très bien être utilisé comme carburant ou comme engrais. Toutefois, le tourteau peut être détoxifié. Les feuilles contiennent un colorant, utilisé en Indochine et en Chine à teindre la soie en noir. *Triadica sebifera* est également une espèce agroforestière et un arbre ornemental. C'est un bon stabilisateur des sols qui contribue au recyclage des nutriments. Dans les plantations de thé, il sert d'essence d'ombrage. Son bois permet de fabriquer divers outils, jouets, meubles ainsi que des moules destinés aux caractères d'imprimerie en Chine. Devant l'aptitude de *Triadica sebifera* à s'acclimater non seulement à une multitude de conditions pédologiques défavorables mais aussi au gel, un regain d'intérêt a vu le jour depuis les années 1980 pour cette plante qui pourrait se transformer en carburant et en producteur de biomasse sur les sols marginaux, en particulier dans le sud-est des Etats-Unis, mais il y est considéré actuellement comme une espèce envahissante nuisible. En médecine traditionnelle chinoise, l'écorce des racines est utilisée pour ses propriétés diurétiques et passe pour être efficace dans le traitement de la schistosomiase. Les feuilles sont appliquées en traitement du zona.

Production et commerce international Au lendemain de la seconde Guerre mondiale, il y eut une pénurie d'huile siccative pour les peintures, et ce fut la vogue de l'huile de stillingia dont les prix atteignirent UK£ 200 par t sur le marché mondial. Des plantations expérimentales furent créées dans plusieurs pays, mais à l'exception de la Chine les essais ne furent pas à la hauteur des espérances. Le travail considérable que représentait la récolte manuelle des fruits mûrs constitua un obstacle de taille à l'exploitation commerciale de l'arbre. A cette époque-là, la Chine exportait 4000–5000 t par an. A l'heure actuelle, la quasi totalité de l'huile de stillingia et du suif végétal chinois est produite et utilisée localement en Chine. La production annuelle de suif végétal serait, selon les estimations, d'environ 50 000 t, les exportations étant à peu près nulles à présent.

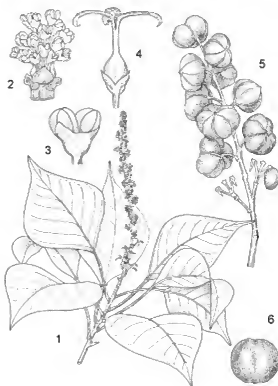
Propriétés La graine de *Triadica sebifera* séchée à l'air se compose de : eau 5%, tégument charnu (sarcotesta) 30%, tégument sec (coque) 40% et amande 30%. La sarcotesta donne 50–80% de suif végétal (blanchâtre, dur, comestible mais insipide), alors que l'amande donne pour sa part 50–60% d'huile de stillingia (nauséabonde, non comestible, émétique et purgative). Les acides gras qui constituent le suif végétal sont : traces d'acide laurique, acide myristique 0–4%, acide palmitique 58–72%, acide stéarique 1–8%, acide oléique 20–35%, acide linoléique 0–2%. Les acides gras qui composent l'huile de stillingia sont : acide palmitique 6–9%, acide stéarique 3–5%, acide oléique 7–10%, acide linoléique 24–30%, acide linolénique 41–54%. L'huile de stillingia contient également de l'acide 2,4-décadiénoïque (4–5%) et de l'acide 8-hydroxy-5,6-octadiénoïque. L'huile de stillingia n'est pas stable et subit des modifications même dans la graine. Lorsque les graines sont récoltées dans les 60 jours qui suivent la floraison, l'huile est relativement riche en acide palmitique et pauvre en acide linolénique. Un stockage prolongé d'huile de stillingia à forte teneur en acide linolénique entraîne la formation d'estolide (composés de type ester constitués d'un acide gras estérifié avec un acide gras hydroxy). La présence d'estolide instable et facilement oxydé pourrait expliquer la siccativité de l'huile de stillingia.

C'est en partie à cause de ces changements que de grandes différences ont été signalées dans la composition de l'huile de stillingia. Elle est toxique et si, par mégarde, elle est mélangée au suif végétal, elle le rend impropre à la consommation. Elle provoque inflammations et tumeurs.

Le bétail ne broute pas les feuilles de *Triadica sebifera* ; elles contiennent de l'acide gallique, de l'astragaline (qui agit contre les cellules leucémiques lymphatiques), de la (–)-loliolide, du kaempférol, de la quercétine, de l'hétéroside de β-sitostérol, et un hétéroside phénolique ayant une activité antihypertensive.

Triadica sebifera contient des tanins hydrolysables, notamment la géraniine et l'acide ellagique. L'écorce de la tige renferme divers triterpénoïdes de même que l'acide ellagique 3,4-di-O-méthyle. L'écorce contient une sève visqueuse, d'aspect laiteux, susceptible d'irriter la peau et de servir de purgatif. Le bois de *Triadica sebifera* est dur, à grain fin et presque blanc ; à 15% d'humidité, sa densité est d'environ 500 kg/m^3.

Description Petit arbre monoïque, caducifolié, atteignant 13 m de haut ; tronc souvent noueux ; écorce gris blanchâtre à crevasses verticales, contenant un latex blanc. Feuilles alternes, simples et entières ; stipules ovales à triangulaires, jusqu'à 2 mm de long ; pétiole de 2–7 cm de long, avec une paire de glandes bien visibles à l'apex ; limbe largement elliptique à obovale ou presque orbiculaire, jusqu'à 9,5 cm × 10 cm, base obtuse, apex acuminé, pennatinervé à 7–10 paires de nervures latérales. Inflorescence : thyrse terminal ou axillaire, de 4–16 cm de long, vert jaunâtre, partie inférieure à fleurs femelles, partie supérieure à bouquets de fleurs mâles ; bractées et bractéoles de 1–2 mm de long, souvent avec une paire de glandes à la base. Fleurs unisexuées ; pédicelle de 2–3 mm de long ; calice 3-lobé ; pétales absents ; fleurs mâles à 2–3 étamines ; fleurs femelles à ovaire supère, 3-loculaire, style terminé par 3 stigmates de 3–5 mm de long. Fruit : capsule sèche, 3-lobée ou sillonnée, presque globuleuse, de 1–1,5 cm de diamètre, s'ouvrant régulièrement et presque simultanément de façon locudicide et septicide, contenant 3 graines. Graines attachées à la columelle centrale longtemps après la maturité, globuleuses à ovoïdes aplaties, de 6–9 mm × 4–6 mm × 5–8 mm, recouvertes d'un sarcotesta blanchâtre, cireux, persistant ; tégument (coque) dur, fragile, marron.



Triadica sebifera – *1, rameau en fleurs ; 2, bouquet de fleurs mâles ; 3, fleur mâle ; 4, fleur femelle ; 5, infrutescence ; 6, graine.*
Source: PROSEA

Autres données botaniques Le genre *Triadica* comprend 3 espèces, toutes indigènes d'Asie de l'Est.

Croissance et développement En conditions favorables, *Triadica sebifera* se développe rapidement : en effet, jusqu'à l'âge de 8–10 ans, il peut pousser d'environ 1 m par an ; après 20 ans, il peut atteindre 13 m de haut et son tronc 40 cm de diamètre. La floraison commence 3–4 ans après la plantation. Les fleurs sont très odorantes et sont souvent visitées par les abeilles et autres insectes. Les fruits mettent 3–4 mois à mûrir. Sous les climats où les saisons sont bien marquées, c'est un arbre très ornemental avec ses inflorescences rougeâtres, ses fleurs vert-jaune au printemps, ses graines blanches bien visibles qui restent longtemps sur l'arbre quelques mois plus tard, et ses feuilles qui virent au rouge brillant en automne. En Chine, les arbres vivent longtemps et deviendraient, dit-on, centenaires. Pour pousser à l'état sauvage dans les endroits où il a été introduit, *Triadica sebifera* a besoin d'importantes précipitations annuelles ou d'une humidité permanente du sol. En Floride et en Louisiane (Etats-Unis), où c'est le cas, il est considéré comme une adventice nuisible.

Ecologie *Triadica sebifera* est présent sous les climats subtropicaux à tempérés chauds. Il

peut supporter quelques degrés de gel et tolère une grande variété de sols avec un pH de 5–8. Il pousse bien dans les endroits engorgés et humides et survit aux inondations d'eau salée. Les conditions optimales sont une pluviométrie annuelle de 1500–3000 mm, des températures de 15–30°C, une altitude allant du niveau de la mer à 800 m, et des sols argilo-tourbeux bien drainés. Aux Etats-Unis, il survit en prairie non brûlée, en milieu perturbé et non perturbé, sec et humide. Il tolère l'ombre et poussse sous des canopées fermées. En Inde, on le trouve sur des sols graveleux dans des ravines.

Multiplication et plantation *Triadica sebifera* est multiplié la plupart du temps par graines, mais la multiplication végétative par boutures, par marcottage aérien, par greffage et par drageons (qui sont abondants) est également possible. Le poids de 1000 graines est d'environ 150 g. Les graines sont semées directement au champ, à raison de 3–4 graines par trou, la distance entre les trous étant de 5 m, ce qui permet d'obtenir 400 arbres/ha. Les graines sont habituellement semées au début du printemps ou à la fin de l'automne. Ce sont les graines les plus grosses qui ont le meilleur taux de germination (90%). En Inde, le trempage des graines dans l'acide sulfurique concentré pendant 10 minutes a stimulé de façon frappante la germination, tandis que des plants issus de drageons ont mieux poussé que des semis. Une technique de multiplication in vitro par prolifération de bourgeons axillaires a été mise au point.

Gestion Dans les plantations de *Triadica sebifera*, les arbres doivent être élagués et taillés de manière à permettre la récolte manuelle.

Maladies et ravageurs *Triadica sebifera* ne souffre pas de maladies ou ravageurs graves. Néanmoins, des champignons comme *Pseudocercospora stillingiae* responsable de taches foliaires et *Armillaria tabescens* (synonyme : *Clitocybe tabescens*) qui provoque la pourriture des racines sont connus pour l'attaquer. En Inde, les chenilles de la noctuelle *Achaea janata* (synonyme : *Ophiusa melicerta*) entraînent parfois la défoliation de l'arbre. Le nématode à galles *Meloidogyne javanica* a également été signalé comme causant des dégâts. Enfin, les oiseaux sont à l'origine de dégâts car ils mangent les graines.

Récolte *Triadica sebifera* commence à donner des fruits entre 3–8 ans après la plantation, même si à Hawaï la fructification de certains individus s'est faite 18 mois après le semis. En Chine, la récolte a lieu en septembre–novembre, lorsque les grappes de fruits ont viré au brunâtre. Dans les régions où les arbres sont naturellement abondants, les fruits sont récoltés sur des peuplements naturels. Les fruits sont ramassés à l'aide d'une faucille bien aiguisée attachée au bout d'une longue perche ou bien à la main en coupant les extrémités des branches, ce qui revient à pratiquer une taille sévère. *Triadica sebifera* rejetant très bien, c'est un arbre qui convient à la production de biomasse.

Rendements Les rendements annuels en graines par arbre sont estimés à 8–12 kg lorsque il a 7–8 ans et à 30–35 kg lorsqu'il est adulte. Avec 400 arbres/ha, ces rendements en graines peuvent atteindre 12–14 t, soit 2–2,5 t de suif végétal, 2–2,5 t d'huile de stillingia et 1,5 t de tourteau riche en protéines. Aux Etats-Unis, *Triadica sebifera* est apparu comme un fournisseur intéressant de biomasse ligneuse pour la production d'énergie sur les sols salins et mal drainés de la région côtière sèche du sud, en produisant 6–10 t/ha de biomasse sèche (feuilles, bois et graines) par an.

Traitement après récolte Une fois récoltés, les fruits de *Triadica sebifera* sont mis à sécher au soleil sur des nattes ; ils noircissent puis s'ouvrent ; ainsi les graines peuvent-elles être facilement éliminées à la main, par battage ou par foulage. Une autre méthode d'extraction des graines consiste à broyer doucement les fruits. Les résidus secs des fruits sont généralement utilisés en Chine comme carburant pour allumer les feux nécessaires à l'extraction du suif. En chauffant les graines dans de l'eau bouillante ou à la vapeur, la graisse du sarcotesta fond et donne le suif végétal ; après quoi, les graines sont écrasées et pressées pour recueillir l'huile siccative de l'amande. Il arrive parfois que l'on écrase et que l'on presse les graines avec le sarcotesta, ce qui donne un mélange de suif végétal et d'huile de stillingia dont la valeur commerciale est assez limitée. Le sarcotesta peut également être éliminé en faisant passer les graines entre des cylindres cannelés qui détachent les premiers sans toutefois écraser les graines. En Inde, l'extraction des graines par solvant à la fois pour le suif végétal et pour l'huile de stillingia donne 50% de produit supplémentaire.

Ressources génétiques *Triadica sebifera* est répandu et pousse facilement à l'état sauvage ; il n'est donc pas menacé d'érosion génétique. Toutefois, les collections de ressources génétiques sont presque inexistantes.

Sélection A Taïwan, il existe plus de 100

cultivars de *Triadica sebifera*, dont deux importants, 'Eagle-claw' et 'Grape' qui diffèrent par la forme du fruit et la période de maturation.

Perspectives *Triadica sebifera* est un arbre utile puisqu'il donne de la graisse, de l'huile et du carburant et qu'il est capable de pousser dans des milieux très variés qui ne conviennent pas à de nombreuses autres ressources végétales. Dans les zones fraîches d'Afrique aux sols marginaux et mal drainés, il serait judicieux d'étudier les possibilités de culture qu'il offre. Il ne nécessite pas beaucoup de soin ou d'investissement. Mais, pour être économiquement rentable, la production de ses divers produits, l'huile en particulier, doit être optimisée. La recherche est nécessaire pour mettre au point des techniques de récolte et d'extraction d'huile efficaces et peu onéreuses.

Références principales Aitzetmüller et al., 1992; Axtell & Fairman, 1992; Chen et al., 1987; Esser, 1999; Esser, 2002; Sharma, Rikhari & Palni, 1996; Shupet & Catallo, 2006; Umali & Jansen, 2001; Zheng et al., 2004–2005.

Autres références Duke, 2001; Howes, 1950; Jeffrey & Padley, 1991; Khan, Khan & Malik, 1973; Norman, 2005; Samson, Vidrine & Robbins, 1985; Scheld & Cowles, 1981.

Sources de l'illustration Umali & Jansen, 2001.

Auteurs P.C.M. Jansen

Basé sur PROSEA 14: Vegetable oils and fats.

TRICHILIA DREGEANA Sond.

Protologue Harv. & Sond., Fl. cap. 1: 246 (1860).

Famille Meliaceae

Nombre de chromosomes $2n$ = c. 360

Synonymes *Trichilia splendida* A.Chev. (1911).

Noms vernaculaires Aribanda des montagnes (Fr). Forest mahogany, forest Natal mahogany, Cape mahogany, thunder tree, christmas bells, red ash (En). Mafureira (Po). Mkungwina, mtimaji (Sw).

Origine et répartition géographique *Trichilia dregeana* a une aire de répartition naturelle discontinue en Afrique tropicale. Il est présent de l'Ethiopie à l'Afrique du Sud, en particulier dans les chaînes de montagnes de l'Arc oriental et le long de la vallée du Rift. En Afrique de l'Ouest et centrale, on le trouve dans des zones aussi éloignées les unes des autres que la Guinée, la Côte d'Ivoire, le Cameroun, le Congo, la R.D. du Congo et l'Angola. S'il est absent de la forêt pluviale du centre du Congo, il est néanmoins signalé dans la péninsule d'Arabie. Il est cultivé dans de nombreux pays comme plante ornementale.



Trichilia dregeana – sauvage

Usages Les graines donnent une huile utilisée dans la fabrication de bougies, de savons et de cosmétiques. Malgré son amertume, elle est employée en cuisine. Le tégument de la graine est toxique et l'huile n'est propre à la consommation que si elle est bien préparée. Le tégument est éliminé puis les graines sont mises à bouillir et sont consommées en accompagnement. Les résidus de graines, obtenus après extraction de l'huile, servent de produits d'alimentation animale ou encore d'engrais. Les fruits sont consommés dans le Kwazulu-Natal (Afrique du Sud). L'arille est mangé, ou écrasé et préparé pour donner une boisson sucrée ou une sauce.

Aux quatre coins de l'Afrique, l'huile des graines, les feuilles, les racines ainsi que l'écorce de *Trichilia dregeana* sont utilisées en médecine de la même manière que celles de *Trichilia emetica* Vahl. Elles s'utilisent pour soigner toutes sortes de maux allant du lumbago à la lèpre et à l'insomnie. Les coupures faites dans la peau d'un membre fracturé sont enduites d'huile pour en accélérer la guérison ; elle sert d'huile de massage contre les rhumatismes et d'une manière générale d'onguent. Les fruits ont des vertus émétiques et purgatives. Des cataplasmes de feuilles ou de fruits sont appliqués sur les contusions et sur l'eczéma. Des décoctions de racines sont utilisées comme tonique général, contre la fièvre et comme purgatif. En Ethiopie, l'écorce sert à soigner la gale.

On utilise des décoctions d'écorce en lavement comme purgatif et abortif, de même que pour soigner les lombalgies symptomatiques des problèmes rénaux ; on peut aussi prescrire d'en boire comme purgatif ou abortif. Ainsi, en cas de diarrhée, on peut boire une décoction d'écorce une fois par jour. L'écorce est également utilisée dans la préparation de poison de pêche.
Le bois est très utilisé en sculpture, notamment en Afrique australe, ainsi que pour le mobilier d'intérieur, les ustensiles de ménage, les rayonnages, la construction, pour les pirogues, comme bois de chauffage et pour la production de charbon de bois. *Trichilia dregeana*, qui est cultivé comme ornemental, est un arbre des belles avenues ombragées. Une sélection à petites feuilles et courts entre-nœuds a été brevetée aux Etats-Unis. En Ethiopie, il est cultivé comme essence d'ombrage pour le café, ou bien épargné quand on coupe une forêt. Ses graines vivement colorées ont servi d'appât pour la pêche.

Production et commerce international *Trichilia dregeana* est précieux dans l'agriculture de subsistance de la plupart des régions d'Afrique, mais les graines, les racines et les feuilles sont récoltées pour une commercialisation locale, en particulier en Afrique du Sud. Les graines sont ramassées sur des individus sauvages à l'échelle commerciale pour la production industrielle de produits pharmaceutiques.

Propriétés La graine de *Trichilia dregeana* contient 55–65% d'huile. Sa composition approximative en acides gras est la suivante : acide palmitique 34%, acide stéarique 3%, acide oléique 51%, acide linoléique 11%, acide linolénique 1%.
Un grand nombre de limonoïdes ont été isolés de la graine, notamment du tégument. Les limonoïdes sont des triterpénoïdes, dont beaucoup sont biologiquement actifs. Les limonoïdes de *Trichilia dregeana* sont des dérivés de l'évodulone et de la prieurianine, notamment la drégéanine, la drégéana 1–5 et le rohituka 7. Les limonoïdes des *Meliaceae* sont bien connus pour être des anti-appétents et des régulateurs de la croissance des insectes, mais ils ont aussi des activités antimicrobiennes et anti-inflammatoires et ont montré des propriétés inhibitrices de l'adhésion cellulaire. L'écorce, très toxique, contient des inhibiteurs de la synthèse des prostaglandines qui jouent un rôle dans la suppression de l'inflammation et de la douleur.
Le bois de cœur de *Trichilia dregeana* est brun pâle à rose, l'aubier blanchâtre. Le bois devient foncé en vieillissant. Lorsqu'il est huilé, il s'obscurcit énormément, la différence entre le bois de cœur et l'aubier devenant alors difficile à faire. Le fil du bois est généralement droit, son grain moyennement grossier. Le bois présente une maille nette. A 12% d'humidité, sa densité est d'environ 550 kg/m³. Il sèche rapidement et facilement en laissant peu de défauts. Il est facile à travailler et à polir. Il n'est pas durable et ne résiste pas aux térébrants.

Falsifications et succédanés Dans la plupart des régions d'Afrique, on préfère *Trichilia emetica* plutôt que *Trichilia dregeana* pour son huile et pour ses vertus médicinales.

Description Arbre sempervirent, dioïque, de taille moyenne, atteignant 30(–40) m de haut, diversement poilu sur toutes les parties ; fût cylindrique, atteignant 100(–200) cm de diamètre, souvent à légers contreforts ; écorce de 3–4 cm d'épaisseur, écorce externe gris pâle à gris-brun, lisse, écorce interne tendre, crème, devenant rapidement rose à brun rougeâtre ; cime dense, étalée. Feuilles alternes, composées imparipennées à 2–5 paires de folioles ;



Trichilia dregeana – 1, rameau avec feuille ; 2, partie d'un rameau en fleurs ; 3, fruits ; 4, graine ; 5, amande.
Redessiné et adapté par Iskak Syamsudin

stipules absentes ; pétiole et rachis jusqu'à 26 cm de long ; pétiolules atteignant 1 cm de long ; folioles opposées, obovales à oblancéolées, atteignant 21 cm × 8,5 cm, base arrondie ou cunéiforme, apex presque toujours aigu ou acuminé, rarement arrondi ou émarginé, entières, pennatinervées à 8–14 paires de nervures latérales. Inflorescence : panicule axillaire ou terminale atteignant 11(–24) cm de long, portant généralement peu de fleurs. Fleurs unisexuées, mâles et femelles d'apparence très semblable, régulières, 5-mères, blanchâtres ; pédicelle jusqu'à 4(–10) mm de long ; calice en coupe, de 3,5–5,5(–7,5) mm × 5,5–9(–11) mm, généralement lobé jusqu'à la moitié ou plus, lobes largement ovales, de 1–3 mm × 2–4 mm, poilus ; pétales libres, linéaires, de 13–22 mm de long, poilus ; étamines 10, de 10–16 mm de long, réunies en tube sur la partie inférieure, densément poilues à l'intérieur ; ovaire supère, densément poilu, 3-loculaire, style de 6–8,5 mm de long, stigmate capité ou en forme de disque ; fleurs mâles à ovaire rudimentaire, fleurs femelles à anthères indéhiscentes. Fruit : capsule obovoïde à globuleuse d'environ 3 cm × 3 cm, légèrement 3-lobée, sans stipe marqué, déhiscente, contenant jusqu'à 6 graines. Graines de 18–25 mm × 9–15 mm, d'un noir lustré, presque complètement cachées dans un sarcotesta écarlate. Plantule à germination épigée ; hypocotyle atteignant 4 cm de long, épicotyle de 4–8 cm de long ; cotylédons sessiles, charnus ; premières feuilles opposées et simples, les suivantes alternes et simples, devenant composées à partir de la huitième environ.

Autres données botaniques Le genre *Trichilia* comprend environ 90 espèces, dont la plupart en Amérique tropicale. L'Afrique continentale en compte 18, Madagascar 6. *Trichilia dregeana* est très proche de *Trichilia emetica* et lui ressemble beaucoup. C'est la raison pour laquelle on les confond souvent. *Trichilia emetica* est présent en zones plus sèches et se distingue par un fruit à stipe marqué. On le trouve en savane boisée ripicole ou dans des végétations similaires en zones sèches du niveau de la mer jusqu'à 1500 m d'altitude. Bien que *Trichilia dregeana* soit très variable et que son aire de répartition soit discontinue, les caractéristiques des variations morphologiques sont similaires en Afrique de l'Est et en Afrique de l'Ouest et aucun taxon intraspécifique n'a été reconnu.

Croissance et développement *Trichilia dregeana* se reproduit naturellement en abondance grâce à une production de graines régulière et copieuse dès un âge assez jeune, grâce à sa résistance relative aux dégâts causés par les animaux et à sa capacité de guérir de ses blessures. Les graines germent pendant les premières pluies et les semis atteignent 10–20 cm de haut à la fin de la première année. Les années suivantes, la croissance est plus rapide, l'accroissement annuel moyen de la circonférence étant de 2–2,5 cm. Au Zimbabwe, les arbres fleurissent en septembre–décembre et les fruits commencent à tomber en mai. Les individus qui poussent à découvert commencent à donner des fruits lorsqu'ils ont environ 10 ans, alors que ceux qui se trouvent plus à l'ombre, comme en forêt, risquent de ne pas en donner avant l'âge de 20 ans.

Ecologie En Afrique de l'Ouest, on trouve *Trichilia dregeana* dans la zone transitoire entre la mosaïque forêt–savane et la forêt humide sempervirente, en général entre 800–1600 m d'altitude. A l'ouest de la R.D. du Congo, il se rencontre dans le même type de végétation, mais au-dessous de 500 m d'altitude. En Ethiopie, sa répartition se situe à 1350–2000 m d'altitude là où les précipitations annuelles atteignent 1500–2500 mm, tandis qu'à proximité de l'équateur, en Ouganda et en Tanzanie, il apparaît plus bas. En allant vers l'Afrique du Sud, il est présent à des altitudes qui s'abaissent peu à peu et on le trouve au niveau de la mer près de Durban. Même s'il est sensible au gel, c'est un arbre qui n'a pas de mal à récupérer après des dégâts. Il tolère le feu. On le trouve surtout dans des endroits bien approvisionnés en eau, sur les sols de forêts fertiles. Dans les jardins, il peut être cultivé tant à l'ombre qu'en plein soleil.

Multiplication et plantation *Trichilia dregeana* est facilement multiplié par graines, par semis direct ou via des plants de pépinière. Le poids de 1000 graines est d'environ 1 kg. Les graines doivent être fraîches lors du semis car elles perdent très rapidement leur pouvoir germinatif en séchant. Elles germent en l'espace de 2–4 semaines ; l'élimination du tégument externe charnu favorise la germination. Un mélange fertile de sol sableux et de compost bien humide est recommandé. C'est à l'ombre et à l'abri du gel que les semis poussent le mieux.

Gestion *Trichilia dregeana* est cultivé uniquement à petite échelle, surtout comme arbre de jardin. Les spécimens âgés ont une croissance rapide et nécessitent peu ou presque pas d'entretien. Pour des raisons ornementales, les arbres peuvent être taillés en arbustes. *Trichi-*

lia dregeana rejette bien.

Récolte Les graines sont généralement récoltées sur des peuplements sauvages.

Rendements Le rendement moyen d'un arbre au Mozambique est d'environ 20–25 kg de graines par an, mais dans une bonne année un individu de grande dimension peut en produire 180 kg. Ceux qui en ont produit énormément une année ont tendance à voir leur production baisser l'année suivante.

Traitement après récolte Pour extraire l'huile, les graines sont broyées et pilées. Ces graines sont mises à bouillir dans l'eau puis l'huile est écrémée de la surface de l'eau.

Ressources génétiques *Trichilia dregeana* est largement réparti en Afrique tropicale et se caractérise par une production de graines régulière et abondante, ce qui le met hors de danger.

Perspectives Certes, l'huile de *Trichilia dregeana* cède peu à peu la place à d'autres huiles, disponibles dans le commerce, mais en tant qu'essence d'agrément ornementale, il semble que cet arbre soit de plus en plus en vogue. Les graines pourraient bien servir de matériel de départ pour la synthèse partielle des limonoïdes ayant un intérêt pharmaceutique, et par là-même méritent que l'on s'y intéresse davantage. Les graines de *Trichilia dregeana* sont récalcitrantes ; des méthodes de conservation d'embryons sont en cours d'élaboration, mais jusqu'à présent elles ne tiennent qu'une courte période. Les recherches va probablement se poursuivre.

Références principales CHCD, 1996; de Wilde, 1986; Gelfand et al., 1985; Grace et al., 2002; Grundy & Campbell, 1993; Katende, Birnie & Tengnäs, 1995; Mulholland, Parel & Coombes, 2000; Neuwinger, 2000; Palmer & Pitman, 1972–1974; White & Styles, 1963.

Autres références Beentje, 1994; Berjak et al., 2004; Berjak & Mycock, 2004; Burkill, 1997; Burring, 2006; Choinski, 1990; Coates Palgrave, 1983; Mulholland & Taylor, 1980; Pennington & Styles, 1975; Ruffo, Birnie & Tengnäs, 2002; Song, Berjak & Pammenter, 2004; Styles & Vosa, 1971; Styles & White, 1991; van Wyk & Gericke, 2000; Wild, Biegel & Mavi, 1972.

Sources de l'illustration de Wilde, 1986.

Auteurs A. Maroyi

TRICHILIA EMETICA Vahl

Protologue Symb. bot. 1 : 31 (1790).

Famille Meliaceae

Nombre de chromosomes $2n = 50$

Synonymes *Trichilia roka* Chiov. (1932).

Noms vernaculaires Mafura (Fr). Mafura butter, Natal mahogany, Ethiopian mahogany, Christmas bells (En). Mafurreira (Po). Mkungwina, mafura, mti maji, muwamaji, musikili, mgolimazi (Sw).

Origine et répartition géographique *Trichilia emetica* est très largement réparti dans toute l'Afrique tropicale, et on le rencontre du Sénégal à l'Erythrée vers l'est et à l'Afrique du Sud vers le sud. Il est spontané également au Yémen, et on l'a introduit comme ornemental au Cap-Vert.

Usages Les graines de *Trichilia emetica* fournissent deux sortes de matières grasses : l' "huile de mafura" extraite de l'enveloppe charnue de la graine (sarcotesta), et le "beurre de mafura", encore appelé "suif de mafura", extrait de l'amande. Dans le procédé traditionnel d'extraction, ils peuvent être extraits séparément, tandis que dans l'extraction commerciale ils sont combinés en un seul produit. L'huile de mafura est comestible, tandis que le beurre de mafura est impropre à la consommation en raison de son goût amer. On l'emploie dans la fabrication de savon et de bougies, comme onguent pour le corps, huile de bois, et à des fins médicinales. Le tourteau n'est employé que comme engrais. Dans certaines régions, l'enveloppe de la graine est mâchée comme substitut de la noix de cola.

Les feuilles sont consommées par les bovins et les chèvres, et on les utilise comme substitut



Trichilia emetica – sauvage

du savon. Le bois est l'un des principaux bois d'œuvre employés en sculpture du bois en Afrique australe. Il est également employé pour les meubles, les articles ménagers, les instruments de musique, les pirogues, les bâtons à mâcher, ainsi que comme combustible. *Trichilia emetica* est utilisé en plantations agroforestières comme arbre d'ombrage dans les jardins et pour lutter contre l'érosion. Dans les jardins, les parkings et en bord de routes, on le plante comme arbre d'ombrage à croissance rapide. En Afrique du Sud, on extrait de l'écorce une teinture rosée.

En médecine traditionnelle, diverses parties de *Trichilia emetica* sont employées contre une large gamme d'affections. L'écorce macérée dans l'eau est employée comme émétique, pour le traitement des affections intestinales et comme purgatif. On ne l'emploie qu'à petites doses car ses effets peuvent être violents. Une décoction de l'écorce et des racines est un remède contre les rhumes, la pneumonie et une variété de troubles intestinaux y compris l'hépatite. Au Sénégal, l'écorce des racines macérée dans l'eau sert à traiter l'épilepsie et la lèpre, tandis qu'au Mali on administre des racines réduites en poudre pour traiter la cirrhose, l'onchocercose, l'ascaridiose et la dysménorrhée. Une décoction des racines est également employée pour traiter la stérilité chez les femmes et provoquer l'accouchement. Au Sud Sénégal, on prend des feuilles contre la blennorragie. Au Zimbabwe, l'écorce est employée pour provoquer l'avortement et comme poison de pêche. L'huile est consommée pour soulager les rhumatismes et pour traiter la lèpre et les fractures.

Production et commerce international Le beurre de mafura a été depuis longtemps exporté d'Afrique de l'Est. Le principal exportateur était le Mozambique, d'où les exportations se poursuivent à petite échelle. La production du Mozambique dans la période 2000–2004 était estimée à 100–300 t/an. On manque d'information à jour sur la production commerciale et le commerce pour les autres pays.

Propriétés La composition nutritive approximative des graines de *Trichilia emetica* par 100 g de matière sèche (58% du poids frais) est la suivante : énergie 1897 kJ (453 kcal), protéines brutes 17 g, lipides 23 g, fibres 8 g, glucides 48 g, Mg 110 mg, P 316 mg, Fe 4,3 mg (Saka & Msonthi, 1994). L'enveloppe de la graine contient par 100 g 35–60 g d'huile, et l'amande 60–65 g de matières grasses. La composition en acides gras de cette matière grasse est la suivante : acide palmitique 34%, acide stéarique 3%, acide oléique 51%, acide linoléique 11%, acide linolénique 1% ; une autre analyse indique : acide myristique 1%, acide palmitique 53%, acide stéarique 2%, acide oléique 28%, acide linoléique 16%, acide linolénique 0,3%. Les graines sont toxiques, et les composés toxiques semblent être concentrés dans l'enveloppe de la graine. On sait peu de chose sur les composés chimiques associés aux usages médicinaux des différentes parties de la plante. Un extrait aqueux des feuilles a montré des propriétés antifongiques marquées contre un certain nombre d'agents pathogènes des plantes. Des graines broyées ont presque totalement protégé des semences de niébé contre les ravageurs de greniers à une dose de mélange de 1%.

Le bois de cœur est rouge pâle, brun rosé ou vert grisé, et fonce à l'exposition. Il n'est pas nettement distinct de l'aubier qui est blanc à jaune. Le bois sèche rapidement et facilement, avec des taux de retrait faibles à modérés. A 12% de teneur en humidité, sa densité est de 560–600 kg/m^3. Le module de rupture est de 50–85 N/mm^2, le module d'élasticité d'environ 8500 N/mm^2, et le cisaillement de 9–13 N/mm^2. Le bois est relativement tendre et facile à travailler. Il se scie assez lentement, et l'usure des lames de scie est modérée. Les caractéristiques de déroulage et de moulurage sont bonnes. Le bois n'est pas durable, et il est sujet aux attaques de champignons, de térébrants et de termites. Le bois de cœur est moyennement rebelle aux produits de préservation, tandis que l'aubier est perméable.

Description Arbuste ou arbre de petite à moyenne taille sempervirent ou décidu, dioïque, atteignant 30 m de haut ; fût cylindrique, jusqu'à 80 cm de diamètre, épaissi à la base, devenant parfois cannelé avec l'âge ; écorce externe gris foncé ou brune, lisse à légèrement rugueuse, irrégulièrement fissurée. Feuilles alternes, composées imparipennées avec (2–)3–6 paires de folioles ; stipules absentes ; pétiole et rachis jusqu'à 28 cm de long ; pétiolules jusqu'à 5 mm de long ; folioles opposées, elliptiques à oblongues ou obovales, jusqu'à 15 cm × 6 cm, base arrondie ou cunéiforme, apex arrondi ou légèrement émarginé, entières, généralement poilues sur le dessous, pennatinervées à (7–)10–16(–22) paires de nervures latérales. Inflorescence : panicule axillaire ou terminale, dense ou lâche, jusqu'à 9(–14) cm de long, portant en général de nombreuses fleurs. Fleurs unisexuées, les fleurs mâles et femelles ayant une apparence très similaire, régulières, 5-mères, vert pâle à jaune pâle, odorantes ; pédi-



Trichilia emetica – 1, rameau en fleurs ; 2, fruits ; 3, graine ; 4, amande.
Redessiné et adapté par Achmad Satiri Nurhaman

celle jusqu'à 5 mm de long ; calice en coupe, lobé presque jusqu'à la base avec des lobes de 2–6 mm de long, poilus ; pétales libres, étraitement obovales ou étraitement oblongs, de 9–18(–20) mm de long, poilus ; étamines 10, de 8–12 mm de long, unies en un tube sur la moitié inférieure, densément poilues à l'intérieur ; ovaire supère, densément poilu, 3-loculaire, style de 4–8 mm de long, stigmate capité ou discoïde ; fleurs mâles avec un ovaire rudimentaire, fleurs femelles avec des anthères indéhiscentes. Fruit : capsule obovoïde à globuleuse, de 2–4 cm de long, légèrement 3-lobée, avec un stipe jusqu'à 1 cm de long, déhiscente, renfermant jusqu'à 6 graines. Graines de 15–20 mm de long, presque noires, presque entièrement encloses dans le sarcotesta écarlate. Plantule à germination épigée ; hypocotyle jusqu'à 8 mm de long, épicotyle de 2–4 cm de long ; cotylédons sessiles, charnus.

Autres données botaniques Le genre *Trichilia* comprend quelque 90 espèces, dont la plupart en Amérique tropicale. En Afrique continentale, on en trouve 18 espèces, et à Madagascar 6 espèces. *Trichilia emetica* est étroitement apparenté et très semblable à *Trichilia dregeana* Sond. Les deux espèces sont souvent confondues. La seconde se rencontre dans des localités plus humides, et on peut la distinguer par l'absence de stipe sous le fruit. *Trichilia emetica* comprend deux sous-espèces : subsp. *emetica* et subsp. *suberosa* J.J.de Wilde. Subsp. *suberosa* se rencontre du Sénégal à l'Ouganda ; subsp. *emetica* de l'Erythrée et de l'Ethiopie à l'Afrique du Sud. Les deux sous-espèces coexistent autour du lac Victoria, où elles peuvent s'hybrider. Subsp. *suberosa* tend à être plus petite, et même arbustive, et elle a des rameaux à écorce liégeuse et des inflorescences plus lâches.

Croissance et développement *Trichilia emetica* a une croissance rapide. On a enregistré des taux de croissance de 1 m/an en climat frais, et jusqu'à 2 m/an en conditions optimales. Dans les conditions les plus favorables, les arbres commencent à produire des fruits à l'âge de 6–8 ans, mais au Zimbabwe un âge de 10 ans est plus courant, et même 20 ans pour des arbres poussant dans des conditions ombragées. En Afrique australe, la période de floraison se situe en août–octobre, la fructification en décembre–mars ; en Tanzanie, la période de floraison est en juillet–novembre, les fruits mûrissent en février–avril et sont récoltés en avril–juillet. La production de graines varie fortement d'une année à l'autre. L'arbre rejette bien.

Ecologie *Trichilia emetica* pousse dans les ripisylves et dans divers types de forêts claires. Subsp. *suberosa* se rencontre en savanes boisées sujettes aux feux d'herbes, tandis que subsp. *emetica* pousse sur des sols plus fertiles de berges de rivière et de plaines inondables. L'espèce pousse dans des zones de température moyenne modérée à élevée. Elle tolère des températures annuelles moyennes de 19–31°C. On la trouve depuis le niveau de la mer jusqu'à 1800(–2100) m d'altitude. Elle ne tolère pas le gel. Elle exige une pluviométrie annuelle d'au moins (500–)1000 mm ; les chiffres les plus bas ne valent que là où les arbres disposent d'eau souterraine. Elle est capable de résister à une longue période de sécheresse. Elle préfère des sols alluviaux ; en Tanzanie, elle est commune sur vertisols. Le sol doit être bien drainé et avoir une nappe phréatique haute.

Multiplication et plantation *Trichilia emetica* se régénère naturellement par graines ou par rejets après une blessure. Les graines peu-

vent être dispersées par l'eau mais aussi par les oiseaux, notamment les calaos. Il n'apparaît une régénération suffisante que sous le couvert ; elle est insuffisante s'il ne reste que quelques arbres semenciers dans de larges trouées. Les jeunes arbres peuvent pousser dans une ombre épaisse sous les arbres plus âgés, et on peut les rencontrer en petits groupes de différentes tailles.

Les graines sont périssables, et il ne faut pas les laisser sécher, mais les semer le plus rapidement possible. Pour extraire les graines, on étale les fruits mûrs à l'ombre sur un filet jusqu'à ce que tous soient ouverts. On sépare alors les graines, et on enlève l'enveloppe charnue en les faisant macérer dans l'eau, ce qui accroît considérablement le taux de germination. Les graines sont ensuite étalées pour leur permettre de sécher en surface. Des semences bien préparées germent dans les 10–20 jours suivant le semis. Un kg de fruit contient environ 250 g de graines ; le poids de 1000 graines est de 1–2 kg. Les semis peuvent être transplantés lorsqu'ils sont âgés de 6–8 mois, et ils requièrent initialement un ombrage. Le mieux est de les planter sous un peuplement existant d'une trentaine d'arbres à l'hectare pour les ombrager. L'espacement recommandé en peuplement pur pour la production de fruits est de 3 m × 3 m. On peut aussi planter à 6 m × 6 m en systèmes agroforestiers. La multiplication par boutures est possible. Les boutures peuvent être prélevées sur des branches marcottées, sur des racines ou sur des pousses de taillis âgées de 1 an. On peut les planter au soleil, mais de préférence sous un certain ombrage.

Gestion Il faut lutter contre les adventices dans les plantations, les jeunes plants étant sensibles à la concurrence. Il faut les éliminer avant la plantation, et effectuer plusieurs nettoiements dans les premières années.

Maladies et ravageurs De nombreux mammifères se nourrissent des feuilles, de même que les chenilles du papillon charaxes à bandes blanches (*Charaxes* spp.). On a également observé sur les feuilles des cochenilles brunes, qui laissent en tombant des trous circulaires jusqu'à 7 mm de diamètre.

Rendements Les rendements individuels en graines sont très variables selon les arbres et selon l'année, et sont de 20–180 kg/an, avec une moyenne de 45–65 kg.

Récolte Il vaut mieux récolter les fruits mûrs sur les arbres ; les fruits tombés sont souvent de qualité médiocre.

Traitement après récolte L'huile et le beurre de mafura peuvent être extraits des graines séparément ou simultanément. Dans le procédé traditionnel, les graines sont immergées dans de l'eau chaude. L'enveloppe de la graine est macérée, et l'huile flotte à la surface et est écopée. Ensuite les graines sont broyées et la matière grasse solide est exprimée ou encore séparée par ébullition. Son extraction par solvants est également possible. Dans l'extraction commerciale, l'huile et le beurre de mafura sont extraits en même temps en une seule opération. Les grumes doivent être traitées peu après l'abattage pour éviter les pertes dues au bleuissement.

Ressources génétiques Les graines de *Trichilia emetica* sont récalcitrantes, et ne peuvent être entreposées pendant de longues périodes. On étudie actuellement la possibilité de conserver des embryons excisés de *Trichilia dregeana*, ce qui pourrait offrir des possibilités pour *Trichilia emetica*. On ne connaît pas de collections de ressources génétiques au champ. Etant donné que *Trichilia emetica* est répandu, il n'est pas menacé d'érosion génétique.

Perspectives *Trichilia emetica* peut être planté en plantations classiques ou dans des systèmes agroforestiers destinés à fournir divers biens et services. Il a une croissance rapide et peut atteindre sa taille de production en un temps relativement court. La possibilité de production de médicaments à partir de l'huile, de l'écorce ou des racines mérite l'attention de la recherche, de même que les possibilités d'emploi de l'espèce comme pesticide écologique. L'emploi du beurre de mafura dans les cosmétiques mérite d'être promue.

Références principales Coates Palgrave, 1983; de Wilde, 1986; FAO, 1983; Grundy & Campbell, 1993; Hines & Eckman, 1993; Jøker, 2003; Saka & Msonthi, 1994; Styles & White, 1991; White, Styles & Gonçalves, 1979.

Autres références Bandeira, Albano & Barbosa, 1999; Bolza & Keating, 1972; Botha, 2004; Fupi, 1982; Germanò et al., 2001; Germanò et al., 2005; Germanò et al., 2006; Godin & Spensley, 1971; Hoet et al., 2004; IMF, 2005; Keita et al., 1995; Khumalo et al., 2002; Lovang & Wildt-Persson, 1998; Ruffo, Birnie & Tengnäs, 2002; Storrs, 1995; Venter & Venter, 1996; White & Styles, 1963.

Sources de l'illustration de Wilde, 1986.

Auteurs G.N. Mashungwa & R.M. Mmolotsi

VERNICIA MONTANA Lour.

Protologue Fl. cochinch. 2: 586 (1790).

Famille Euphorbiaceae

Nombre de chromosomes $2n = 22$

Synonymes *Aleurites montana* (Lour.) E.H. Wilson (1913).

Noms vernaculaires Abrasin, arbre à huile de bois (Fr). Wood-oil tree, mu-tree, Cantonese wood-oil tree, abrasin-oil tree (En). Falso castanheiro (Po).

Origine et répartition géographique *Vernicia montana* est originaire du Myanmar, de Thaïlande, d'Indochine et de Chine méridionale. Il a été introduit dans de nombreuses régions tropicales et subtropicales. En Afrique tropicale, il a été introduit et s'est parfois naturalisé, comme au Kenya, en Tanzanie, au Malawi, en Zambie, au Zimbabwe, au Mozambique et à Madagascar. Il a été cultivé commercialement au Malawi et à Madagascar.

Usages Les graines de *Vernicia montana* produisent une huile à séchage rapide appelée "huile d'abrasin" ou "huile de bois de Chine". Sa similarité avec l' "huile de toung" extraite de *Vernicia fordii* (Hemsl.) Airy Shaw, fait que cette appellation s'applique souvent aux deux espèces. En Chine, l'huile est utilisée traditionnellement dans la fabrication de peintures, d'encre de Chine noire, elle sert à imperméabiliser le tissu et le papier, à calfater et peindre les navires et comme huile lampante. On s'en servait également autrefois pour isoler les fils électriques. Actuellement, sa principale utilisation est la production de peintures et d'encres, l'huile de basse qualité étant quant à elle transformée en savon ou en linoléum. L'huile de teck vendue pour l'entretien des beaux meubles est généralement de l'huile de toung raffinée. L'évolution des réglementations environnementales et sanitaires a conduit à recourir davantage à l'huile de toung pour les revêtements intérieurs isolants des récipients destinés aux aliments, aux boissons et aux médicaments. Le tourteau, après extraction de l'huile, est un bon engrais, mais il est toxique et ne peut servir à l'alimentation animale.

En médecine, l'huile de toung sert à traiter les maladies parasitaires et autres affections dermiques ; c'est aussi un purgatif puissant. Elle entre dans la composition de la quasi totalité des emplâtres chinois.

Le bois ne convient qu'aux ouvrages de construction simples, aux matériaux pour âme de contreplaqué, à la pâte à papier et au bois de feu. *Vernicia montana* est parfois planté comme arbre ornemental et d'ombrage.

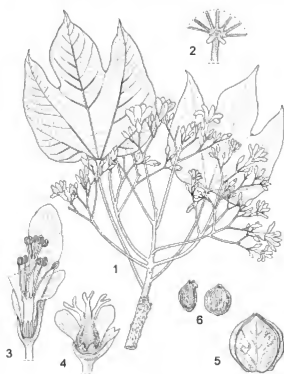
Production et commerce international Les huiles de *Vernicia montana* et *Vernicia fordii* sont toutes les deux commercialisées sous l'appellation "huile de toung". La production annuelle mondiale de fruits de *Vernicia* à la fin des années 1990 était d'environ 500 000 t sur 170 000 ha, pour une production de 90 000 t d'huile. La Chine a fourni 85% de la production mondiale, dont environ 25% a été exporté. Depuis, la part de la Chine a encore augmenté. En 2004, elle a exporté 19 000 t d'huile, le Paraguay 3600 t et l'Argentine 1300 t. Une production d'huile de toung au Malawi avait démarré dans les années 1930. Les exportations étaient passées à 1800 t en 1965, mais elles sont peu à peu descendues sous les 400 t dans la période 1975–1985 pour se réduire à néant dans les années 1990. Quant aux exportations malgaches, elles avaient atteint un pic de 1200 t à la fin des années 1960, avant de connaître également un rapide effondrement. Les prix ont connu des fluctuations, passant de plus de US$ 3000 par t à la fin de 1993 à US$ 1200 deux ans plus tard ; ils sont aujourd'hui de US$ 1350 en moyenne.

Propriétés Le fruit de *Vernicia montana* contient, par 100 g, 14–20 g d'une huile siccative. Elle est contenue dans la graine, qui représente environ 33% du fruit. Le principal acide gras de l'huile est l'acide α-éléostéarique ou l'acide cis-trans-trans 9,11,13-octadécénoïque, un acide gras triénoïque, isomère de l'acide linolénique. Dans l'acide éléostéarique, les trois liaisons doubles sont conjuguées, ce qui les rend fortement réactives. Sous l'influence de la lumière ou de catalyseurs tels que le soufre et l'iode, l'acide α-éléostéarique se transforme en acide β-éléostéarique, encore plus réactif, et qui se polymérise spontanément en masse solide. C'est l'acide éléostéarique qui fait de l'huile de toung un purgatif virulent lorsqu'on le prend par voie interne. La composition en acides gras de l'huile est : acide α-éléostéarique 75–80%, acide palmitique 4%, acide stéarique environ 1% et acide oléique 15%. Dans les triglycérides, la plus grande partie de l'acide éléostéarique est lié en position 1 et 3.

Parmi les autres composés des fruits des deux espèces, on trouve des tanins, des phytostérols et une saponine toxique. Les animaux tels que vaches, chevaux et volailles ayant consommé des feuilles ou du tourteau de graines présentent une diarrhée hémorragique accompagnée d'anorexie. Dans les cas sévères, ils s'émacient et peuvent mourir en 1–3 semaines. Les fruits

de *Vernicia* ont un aspect et un goût attrayants, mais l'ingestion par des humains d'une seule graine provoque des crampes abdominales aiguës, des vomissements, de la diarrhée et un état d'épuisement général au bout de 3–5 heures.
Le bois est blanchâtre, tendre et périssable.

Description Arbuste ou arbre de petite taille, dioïque ou parfois monoïque, caducifolié ou sempervirent, atteignant 15 m de haut ; jeunes pousses, feuilles et jeunes fruits à poils brun rougeâtre. Feuilles alternes, simples ; stipules lancéolées, de 2–4 mm de long, rapidement caduques, laissant des cicatrices assez saillantes ; pétiole atteignant 25 cm de long, cannelé, à 2 glandes stipitées au point de jonction avec le limbe ; limbe ovale à largement ovale ou 3–5-palmatilobé, atteignant 20 cm × 18 cm, acuminé à l'apex, bords entiers. Inflorescence : panicule terminale, habituellement unisexuée, composée de cymes ; inflorescence mâle de 15 cm × 15–20 cm, inflorescence femelle semblable à l'inflorescence mâle mais souvent plus petite. Fleurs unisexuées, voyantes ; calice recouvrant le bouton et se fendant en 2(–3) lobes, souvent inégaux ; pétales 5(–6), libres, oblancéolés à spatulés, de 1,5–2,5 cm de long, blancs, à onglet ; disque de 5–6(–7) glandes érigées atteignant 4 mm de long ; fleur mâle à (7–)8–12(–14) étamines en 2 verticilles, réunies en une colonne d'environ 2 cm de long ; fleurs femelles à ovaire supère, densément poilu, 3(–5)-loculaire, styles d'environ 8 mm de long, réunis à la base, 2-lobés. Fruit : capsule ovoïde à globuleuse d'environ 3,5 cm × 4 cm, apex en pointe, à 3(–5) arêtes longitudinales distinctes et à quelques côtes transversales, déhiscente sur le tard, glabrescente. Graines obovoïdes à globuleuses, de 2–2,5 cm × 2–2,5 cm, pointues, brun panaché de beige dans le sens de la longueur, lisses, à grand hile. Plantule à germination épigée ; cotylédons larges, plats.



Vernicia montana – 1, rameau avec inflorescence mâle ; 2, glandes à l'apex du pétiole ; 3, fleur mâle avec calice et pétales partiellement enlevés ; 4, fleur femelle avec calice et pétales partiellement enlevés ; 5, fruit ; 6, graines.
Source: PROSEA

Autres données botaniques Les genres *Aleurites*, *Reutealis* et *Vernicia*, étroitement apparentés, ont été groupés longtemps sous le genre *Aleurites*. Le genre *Vernicia* comprend 3 espèces, originaires d'Asie. *Vernicia cordata* (Thunb.) Airy Shaw, originaire du Japon, a été introduit au Sénégal ; il produit l' "huile de bois du Japon". *Vernicia fordii*, originaire de Chine centrale et occidentale, a été cultivé pour son huile dans de nombreuses régions subtropicales. Il a été testé en altitude sous les tropiques (par ex. au Malawi et à Madagascar), mais *Vernicia montana* y donne de meilleurs résultats.

Croissance et développement On trouve chez *Vernicia montana* deux modes de ramification, distingués au Malawi comme type A et type B. Des types similaires sont également reconnus en Indonésie, le type indochinois et le type chinois. Le type A est un arbre à croissance rapide doté d'un tronc haut et rectiligne qui forme des étages de 5 branches étalées disposés à intervalles réguliers. Des rameaux secondaires se forment à des intervalles relativement longs. Les arbres mettent 3–5 ans à donner des fruits. Le type B est davantage arbustif. Lorsque la tige principale a produit 1 ou 2 étages de branches, elle perd sa dominance. Les rameaux secondaires se forment à brefs intervalles. L'arbre donne des fruits au bout de 3 ans. Du type B, on a obtenu plusieurs clones à croissance vigoureuse et à rendement élevé.
Les fleurs s'ouvrent le matin. Chez les fleurs femelles, le stigmate est déjà réceptif un jour plus tôt, mais chez les fleurs mâles, le pollen se dissémine au moment de l'anthèse. Le pollen est poisseux, et la pollinisation est effectuée par des insectes tels que papillons et abeilles. Certaines espèces d'abeilles sont cependant des butineurs courants des fleurs mâles, mais se

voient rarement sur les fleurs femelles et ne contribuent que peu à la pollinisation. Le nombre de fruits engendrés est généralement élevé, mais près de 80% peuvent avorter au cours de leur développement.
Dans les endroits où *Vernicia fordii* et *Vernicia montana* poussent et fleurissent en même temps, les croisements sont fréquents, mais les hybrides ne présentent pas d'avantages agronomiques.

Ecologie *Vernicia montana* est planté dans des régions dont la pluviométrie annuelle est de 850–2000 mm et les températures annuelles moyennes de 15–27°C. Dans les régions tropicales, il est planté à des altitudes de 800–2000 m. Il n'a pas autant besoin de températures basses pour l'induction florale que *Vernicia fordii* et il est sensible au gel. *Vernicia montana* est souvent cultivé sur les pentes, mais il pousse bien sur terrain plat pourvu qu'il soit bien drainé. Il préfère les sols légèrement acides et il est sensible aux accumulations de cendres ; il est présent sur des sols à pH 5,5–8,0. Une fertilité suffisante du sol est nécessaire pour une bonne production.

Multiplication et plantation Les plantations commerciales de *Vernicia* consistent généralement en clones sélectionnés, écussonnés sur des porte-greffe francs. Les graines fraîches germent rapidement, mais pour des graines anciennes, la germination peut prendre 2–3 mois, à moins qu'elles ne soient scarifiées. Le poids de 100 graines est d'environ 325 g. Lorsque la boucle de l'hypocotyle apparaît à la surface du sol, les jeunes plants sont repiqués du lit de germination à la pépinière. Les semis sont transférés au champ lorsqu'ils ont un an. Au Malawi, on pratique l'écussonnage en pépinière. La méthode simple de greffe en écusson, à une hauteur de 5–7,5 cm au-dessus du sol, est une pratique courante. En Chine, la densité de plantation est d'environ 600 arbres/ha ; au Malawi, les premières plantations avaient été établies avec des espacements de 7,5 m × 7,5 m, mais par la suite, on a augmenté la densité de plantation. Avec un système dense, les plantations atteignent une production maximale plus tôt, mais les rendements maximaux sont les mêmes que ceux des arbres plus espacés. On a mis au point des modes de conduite en haies.

Gestion Les jeunes arbres de *Vernicia montana* sont souvent plantés en association avec des cultures vivrières telles que maïs, arachide ou soja en Chine. Au Malawi, l'association avec des annuelles ou la plantation d'un couvert végétal étaient courantes. Une association prolongée avec des cultures annuelles peut endommager le système racinaire superficiel de *Vernicia montana*, mais en Chine même les arbres adultes sont parfois associés avec des cultures hivernales. Un désherbage régulier autour des plantes est nécessaire aussi pour faciliter la récolte. Dans la conduite en haies, une taille de formation est recommandée pour obtenir une charpente de quelques branches et une cime ouverte. On sait peu de choses sur les besoins de la plante en engrais. Au Malawi, un apport de 50 kg N/ha sous forme de sulfate d'ammonium a augmenté les rendements de 400–1000 kg de graines sèches/ha. Le tourteau donne aussi de bons résultats comme engrais.
Les jeunes arbres qui ne produisent pas bien peuvent être rabattus et on peut greffer sur la souche des greffons issus de matériel végétal à haut rendement.

Maladies et ravageurs En Chine, l'anthracnose provoquée par *Glomerella cingulata* (synonyme : *Colletotrichum gloeosporioides*) provoque parfois des pertes importantes. Parmi les autres maladies importantes, on note la pourriture des racines provoquée par *Fusarium solani* et des taches foliaires brunes provoquées par *Mycosphaerella aleuritides*. Au Malawi, les principales maladies de *Vernicia montana* sont un dépérissement provoqué par *Botryosphaeria ribis* et la pourriture des racines provoquée par *Armillaria mellea*. La sélection de matériel végétal adapté est la meilleure façon d'éviter ces maladies.
Les insectes ravageurs sont rarement un problème car les feuilles et les graines sont toxiques pour la plupart des animaux. *Vernicia montana* est résistant au thrips *Selenothrips rubrocinctus*, qui provoque des dégâts sur *Vernicia fordii* en Chine.

Récolte Le ramassage manuel des fruits tombés est la pratique de récolte la plus courante, mais en Chine, on cueille aussi les fruits verts sur les arbres. Un choix soigneux des clones peut prolonger la saison de récolte. Pendant la saison des pluies, il faut ramasser les fruits tous les 10 jours, et pendant la saison sèche, environ une fois par mois.

Rendements Les rendements moyens d'*Aleurites montana* sont de 3,5 t/ha en Chine et de 1,8 t/ha au Malawi. Au Malawi, les rendements annuels de graines séchées à l'air issus du meilleur matériel cloné passent de 280 kg/ha dans les plantations âgées de 3–6 ans à 2200 kg/ha dans les plantations âgées de 11–14 ans, et à 3000 kg/ha dans les plantations âgées de

20 ans ; les rendements des plantations issues de semis non sélectionnés ne représentent que la moitié de ces quantités.

Traitement après récolte En Chine, le fruit est traditionnellement récolté vert, mis en tas et recouvert de paille ou d'herbe. On laisse pourrir la pulpe du fruit jusqu'à ce que les graines s'en détachent facilement. Les graines sont ensuite broyées dans un moulin, puis on les fait brièvement griller dans des poêles en fer. On étuve ensuite ce broyat à fond et on extrait le liquide par pressage du tourteau, ce qui donne l'huile de bois du commerce. Dans les méthodes d'usinage modernes, le décorticage des fruits se fait soit à la main soit à la machine. Le séchage et l'écalage des graines se font ensuite à la machine, après quoi on broie les amandes en y ajoutant une partie des coques pour faciliter l'extraction d'huile. L'expression à froid s'effectue dans des presses à vis, ce qui donne une huile limpide de couleur claire. Le tourteau peut ensuite subir une pression à chaud ou être extrait aux solvants pour augmenter le rendement, mais le produit est de qualité inférieure.

Ressources génétiques *Vernicia montana* est très variable et il n'y a que peu de véritables lignées de sélection. Aucune collection de ressources génétiques n'a été signalée. Aux Etats-Unis, le National Plant Germplasm System a cessé de maintenir sa collection de *Vernicia.*

Sélection Des travaux de sélection ont eu lieu au Malawi, mais ils ont été sans lendemain. Des programmes d'amélioration et de sélection ont été mis en œuvre en Chine et à Taïwan.

Perspectives Malgré l'excellente qualité de l'huile de toung comme huile de bois ou comme matière première dans la production de peinture, le déclin de la production d'huile de toung dans tous les pays sauf la Chine indique que les perspectives pour faire revivre les plantations anciennes ou en établir de nouvelles sont assez sombres.

Références principales Aguilar & Ong, 2001; Hill, 1965; Hill, 1966; Hill & Spurling, 1966; Phiri, 1985; Radcliffe-Smith, 1987; Radcliffe-Smith, 1996; Stuppy et al., 1999; Webster, Wiehe & Smee, 1950.

Autres références Airy Shaw, 1967; Chen-Fei, 1998; Duke, 1983a; Foster, 1962; National Early Warning Unit, 1997; Purseglove, 1968; Radunz, He & Schmid, 1998; Sengers & Koster, 1998; Spurling & Spurling, 1974; Wit, 1950.

Sources de l'illustration Aguilar & Ong, 2001.

Auteurs L.P.A. Oyen

Basé sur PROSEA 14: Vegetable oils and fats.

VERNONIA GALAMENSIS (Cass.) Less.

Protologue Linnaea 4: 314 (1829).

Famille Asteraceae (Compositae)

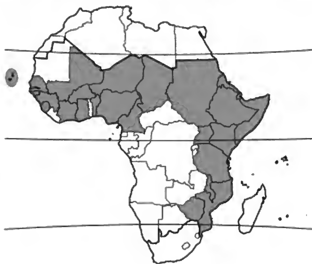
Nombre de chromosomes $2n = 18$

Synonymes *Centrapalus galamensis* Cass. (1817), *Vernonia pauciflora* (Willd.) Less. (1829) non (Pursh.) Poir., *Centrapalus pauciflorus* (Willd.) H.Rob. (1999).

Noms vernaculaires Ironweed, vernonia (En).

Origine et répartition géographique *Vernonia galamensis* est présent à l'état naturel depuis le Cap-Vert et le Sénégal jusqu'en Erythrée et dans toute l'Afrique de l'Est jusqu'au Mozambique. La plus grande diversité se trouve en Afrique de l'Est, alors qu'en Afrique de l'Ouest seule une variété est présente. Dans les années 1950, *Vernonia anthelmintica* (L.) Willd. a été signalé comme source possible d'acide vernolique, mais les efforts pour le domestiquer ont échoué. En 1964, dans les zones semi-arides de l'est de l'Ethiopie, des spécimens de *Vernonia galamensis* ont été récoltés qui alliaient un fort pourcentage d'acide vernolique à un rendement en graines intéressant ainsi qu'une bonne rétention des graines. *Vernonia galamensis* est maintenant à l'essai comme culture oléagineuse industrielle prometteuse dans plusieurs parties du monde.

Usages Traditionnellement, *Vernonia galamensis* passe pour une adventice. La forte teneur en huile de la graine associée au pourcen-



Vernonia galamensis – sauvage

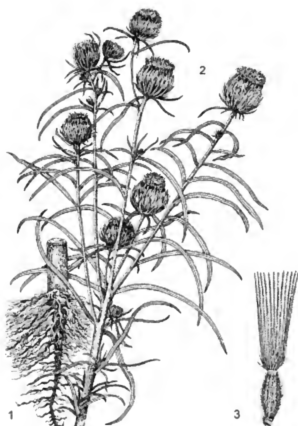
tage élevé d'acide vernolique contenu dans l'huile en font un oléagineux plein d'avenir. L'huile, appelée "huile de vernonia" peut être utilisée dans l'industrie chimique (colles, peintures et plastiques), pharmaceutique et agro-industrielle. Dans l'industrie de la peinture, elle est actuellement testée comme composant de peintures à base de solvants organiques peu volatils. En tant que composant de couches et d'enduits thermo-étuvés, l'huile de vernonia assure une adhérence parfaite, une flexibilité et une résistance à l'écaillement, ainsi qu'une bonne résistance aux solvants alcalins, acides et non polaires. Dans les plastiques, elle peut être utilisée comme plastifiant du PVC et comme composant structurel des polymères. Le tourteau convient à l'alimentation animale.
En Ethiopie, on fume les feuilles en guise de tabac. En Tanzanie, elles sont cuites en bouillie, ou consommées en infusion contre les douleurs thoraciques. Au Kenya, la plante permet de soigner les douleurs gastriques.

Production et commerce international Récemment, la société Vernique Biotech a lancé l'exploitation commerciale de *Vernonia galamensis* en Ethiopie. Néanmoins, l'exploitation à grande échelle n'en est qu'à ses balbutiements et aucune information à ce sujet n'est disponible.

Propriétés La graine contient par 100 g : 20–27 g de protéines et 36–45 g d'huile. La composition moyenne en acides gras d'échantillons d'huile de graines en provenance d'Ethiopie est (avec les écarts indiqués entre parenthèses) : acide vernolique 74% (34–87%), acide palmitique 3% (2–8%), acide stéarique 3% (1–7%), traces d'acide arachidique, acide oléique 5% (2–18%), acide linoléique 14% (7–35%). Le tourteau contient par 100 g : protéines brutes 44 g, fibres brutes 11 g, cendres 19 g, glucides 7 g. Les feuilles renferment une petite quantité d'huile. La composition en acides gras de l'huile des feuilles est : acide palmitique 12–22%, acide linolénique 41–59%, acide parinarique 8–17% ; l'acide vernolique n'est présent qu'à l'état de traces dans les feuilles.
L'acide vernolique (acide cis-12,13-époxy-cis-9-octadécénoïque ou acide 12,13-époxyoléique) se caractérise par son groupe époxy chimiquement actif. La plupart de l'acide vernolique se présente sous la forme de trivernoline, un triglycéride dont la viscosité est inférieure à celle des huiles chimiquement époxydées. Grâce à leur structure chimique, l'acide vernolique et la trivernoline peuvent subir des réactions chimiques caractéristiques des groupes esters, des doubles liaisons et des groupes époxy. Grâce à sa faible viscosité, l'huile est un solvant pour les peintures à base de résines alkydes. Elle n'est pas volatile, mais polymérise et se fond dans l'enduit de peinture.

Falsifications et succédanés Les acides gras époxy destinés à l'usage industriel sont généralement fabriqués industriellement à partir de produits dérivés du pétrole ou d'huile de soja ou encore d'huile de lin. Faute de réduire les coûts de production de l'acide vernolique issu de *Vernonia galamensis*, l'huile de soja et de lin conserveront la préférence en tant que matières premières pour la majorité des usages ; toutefois, si c'est la faible viscosité que l'on recherche, l'acide vernolique issu de *Vernonia galamensis* est un produit économiquement plus intéressant que les huiles époxy issues de soja et de lin qui, elles, sont plus visqueuses. L'acide vernolique est présent en petites quantités dans plusieurs autres plantes, bactéries et champignons. Outre *Vernonia anthelmintica*, il a été découvert chez *Stokesia laevis* (Hill) Greene et chez *Euphorbia lagascae* Spreng. Des efforts sont déployés pour transférer les gènes responsables de la forte teneur en acide vernolique aux espèces oléagineuses de *Brassica* et de soja. Cependant, le degré d'expressivité de ces gènes est bien inférieur à celui de *Vernonia galamensis*, ce qui fait planer un doute sur les possibilités économiques de ces cultures transgéniques.

Description Plante herbacée généralement annuelle atteignant 3(–5) m de haut, mais beaucoup plus petite la plupart du temps ; tiges striées, finement à grossièrement poilues, parfois ramifiées près du sommet. Feuilles alternes, plutôt serrées, simples, sessiles ; limbe elliptique à linéaire, jusqu'à 25 cm × 5 cm, base cunéiforme, apex acuminé, bords dentés, poilu sur les deux faces, mais glabrescent. Inflorescence : capitules solitaires, ou peu nombreux à nombreux en cyme terminale, lâche à plutôt dense, feuillue ; pédoncule trapu, pubescent ; involucre ovoïde à presque globuleux, de 8–25 mm × 1–15 mm, bractées involucrales sur 4–6 rangs, vert clair souvent à sommet foncé, bractées externes linéaires, courtes, bractées médianes souvent fermes à la base, à sommet souvent foliacé, bractées internes oblongues à étroitement lancéolées et acuminées, assez membraneuses, sèches. Fleurs normalement bisexuées et fertiles, longuement exsertes ; corolle de 7,5–16 mm de long, partie inférieure tubulaire, s'évasant ensuite graduellement, bleu vif à mauve pâle, rose, violette, mauve ou pres-



Vernonia galamensis – 1, partie inférieure de la tige et des racines ; 2, partie supérieure d'une tige en fleurs ; 3, fruit.
Redessiné et adapté par Achmad Satiri Nurhaman

que blanche, quelquefois teintée de jaune ou vert pâle, lobes 5, linéaires, de 2–7 mm de long, glanduleux ; étamines 5, légèrement exsertes, anthères soudées en un tube ; ovaire infère, style exsert, à 2 branches. Fruit : akène étroitement obovoïde atteignant 8 mm de long, à 10 côtes égales, étroites, marron foncé à noir, densément couvert de poils apprimés ; pappus en 2 verticilles, pappus externe de soies barbelées atteignant 2 mm de long, pappus interne de soies barbelées atteignant 11 mm de long.

Autres données botaniques Le genre *Vernonia* comprend près de 1000 espèces, dont la plupart sont présentes en Amérique du Sud, plus de 300 ayant été répertoriées en Afrique, dont environ un tiers à Madagascar et une cinquantaine en Ethiopie. Dernièrement, il a été proposé de transférer les espèces de *Vernonia* de l'Ancien Monde à d'autres genres : *Vernonia galamensis* devient alors *Centrapalus pauciflorus* (Willd.) H.Rob.
Vernonia galamensis est très variable ; son centre de diversité se situe en Ethiopie, au Kenya et en Tanzanie. Pour prendre en compte sa variabilité morphologique, 10 taxons sous-spécifiques (sous-espèces et variétés) séparés géographiquement ou écologiquement ont été décrits. En raison de sa forte teneur en huile et en acide vernolique et de son égrenage spontané relativement faible, subsp. *galamensis* var. *ethiopica* M.G.Gilbert a été au centre des recherches dont l'objectif est la domestication et la commercialisation.

Croissance et développement Les graines peuvent montrer une certaine dormance pendant quelques mois après la maturité ; ensuite la germination nécessite une dizaine de jours. Les plantes développent une tige unique non ramifiée terminée par une inflorescence. La croissance est indéterminée. Certaines plantes peuvent atteindre seulement 20 cm de haut et former un seul capitule floral, alors que d'autres deviennent de vigoureux arbustes de plus de 2,5 m de haut, à plusieurs branches et capitules floraux. La floraison est induite par des jours courts, mais à l'intérieur de la subsp. *galamensis* var. *petitiana* (A.Rich.) M.G.Gilbert, on a trouvé certaines plantes, dans le sud et le nord de l'Ethiopie et au Kenya, qui sont peu sensibles à la photopériode de façon quantitative.
Au cours d'un essai mené sur des sélections de var. *ethiopica* à différents endroits d'Ethiopie, la floraison a débuté 87–117 jours après le semis, les graines mûrissant après 161–261 jours. Lorsque les conditions de croissance le permettent, la ramification commence après la formation de l'inflorescence principale et seulement sur les nœuds supérieurs ; ces branches peuvent également former des capitules floraux. C'est pourquoi il se peut que les capitules d'une même plante ne mûrissent pas de manière uniforme. L'égrenage spontané de capitules mûrs existe chez la plupart des types, mais des types à égrenage réduit ont été identifiés. *Vernonia galamensis* est autocompatible, mais des taux d'allogamie atteignant 16% ont été observés.

Ecologie *Vernonia galamensis* est adapté aux zones tropicales semi-arides où on le rencontre dans la brousse sèche, mais plus fréquemment dans les lieux rudéraux et comme adventice des cultures, jusqu'à 2000(–2500) m d'altitude. Seule la subsp. *afromontana* (R.E.Fr.) M.G.Gilbert var. *afromontana* est présente dans les forêts montagnardes, souvent en milieu non perturbé. Les précipitations peuvent atteindre (250–)500 mm pour certains types, mais s'élever jusqu'à 1850 mm pour d'autres. En culture, *Vernonia galamensis* a besoin d'une sai-

son des pluies qui assure une humidité suffisante pour permettre la formation des principaux capitules floraux ; en revanche, une longue saison des pluies, entraînant la formation de capitules floraux secondaires, ne ferait que provoquer une mauvaise uniformité de maturation et un risque d'égrenage spontané. Les plantes tolèrent beaucoup d'ombre, ce qui pourrait permettre leur culture en agroforesterie. Elles préfèrent un sol bien drainé avec un pH de 5,0–8,5. Inversement, sur des sols mal drainés, la croissance de la tige principale s'interrompt avant la floraison et les branches se développent à partir de la base de la plante, mais finissent aussi par se flétrir et mourir.

Multiplication et plantation *Vernonia galamensis* se multiplie par graines. La graine étant petite, il faut une planche de semis ferme et plane. Dans des plantations expérimentales aux Etats-Unis, un espacement de 90–100 cm entre les lignes et de 15–30 cm sur la ligne a donné de bons résultats. En Ethiopie, des rendements élevés pour var. *ethiopica* ont été obtenus avec des espacements de 40 cm entre les lignes et de 10 cm sur la ligne. Le poids de 1000 graines est de (2,5–)3,4–4,3 g ; chez var. *afromontana*, qui se caractérise par de grosses graines, le poids de 1000 graines est de 5,4 g. Le nombre de graines par capitule est en moyenne d'environ 240.

Gestion La croissance des semis est lente et le désherbage est important. Des herbicides appliqués avant le semis ont donné de bons résultats. L'écimage des jeunes plantes peut réduire le risque de verse et renforcer l'uniformité de la maturation. Lors d'un essai au Zimbabwe, l'écimage de plantes de var. *ethiopica* à une hauteur de 15 cm a permis le développement de 18–20 branches principales par plante, chacune portant 3–5 capitules floraux. Au moment de la récolte, la hauteur des plantes avait été réduite, la verse limitée considérablement et la maturation des graines plus uniforme. Chez var. *petitiana*, qui a tendance à être plus courte, l'effet de l'écimage était moins évident. Des recommandations concernant l'application d'engrais ne sont pas encore disponibles, mais des apports de 100 kg/ha de N ont donné de bons résultats dans des essais menés aux Etats-Unis. En Ethiopie, un apport de 150 kg N/ha a provoqué la verse. Des apports de K et P ont produit peu d'effets.

Maladies et ravageurs Une brûlure des feuilles provoquée par *Alternaria alternata*, une pourriture des racines causée par un complexe de *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani* et *Sclerotium rolfsii* et la rouille due à *Puccinia* sp. ont été observées aux endroits où *Vernonia galamensis* avait été cultivé pendant plusieurs années. Des sélections différaient énormément dans leur sensibilité. En Ethiopie, on a pu observer que la punaise *Captosoma* sp. avait une incidence modérée sur les capitules floraux mûrs, sur les jeunes pousses, les feuilles et les bourgeons terminaux, provoquant parfois une ramification abondante de la tige. L'infestation par la punaise arlequin (*Bagrada* sp.), responsable d'un flétrissement, peut elle aussi s'avérer dangereuse. *Cuscuta campestris* Yunk. a été signalée comme mauvaise herbe parasite de *Vernonia galamensis* en condition naturelle et au champ.

Récolte *Vernonia galamensis* mûrit de manière inégale et plusieurs passages sont souvent nécessaires lors de la récolte. La récolte des capitules se fait lorsque les involucres qui entourent les graines sont secs et bien étalés de manière à libérer les graines mûres. A ce stade, les graines sont à 90% noires et compactes. Chez var. *ethiopica*, on a recensé des sélections chez lesquelles les graines restaient sur la plante environ 30 jours après la maturité. Les producteurs peuvent donc différer la récolte d'une culture hétérogène jusqu'à ce que la quasi totalité des graines soit mûre.

Rendements Aux Etats-Unis, des rendements expérimentaux de graines atteignant 2500 kg/ha obtenus à partir du meilleur matériel génétique ont été signalés. Les meilleurs rendements enregistrés en Ethiopie à partir de sélections locales s'élèvent à 4000 kg/ha de graines, ce qui représente 1625 kg/ha d'huile.

Traitement après récolte Après la récolte, les graines sont d'abord séparées des capitules, après quoi elles sont débarrassées de leurs pappus. Si ces opérations sont effectuées à la main, elles sont laborieuses et demandent une main-d'œuvre nombreuse.

Ressources génétiques Var. *ethiopica* est considérée comme la variété la plus prometteuse puisqu'elle offre un rendement potentiel élevé, une forte teneur en huile et en acide vernolique de même qu'une bonne rétention des graines. Des types indifférents à la longueur du jour ont été découverts chez var. *petitiana* au nord et au sud de l'Ethiopie et au Kenya. Ils sont actuellement utilisés dans des programmes d'amélioration aux Etats-Unis.
Des collections de ressources génétiques sont détenues à la North Central Regional Plant Introduction Station, Ames, Iowa, Etats-Unis (53 entrées) et au National Genebank, KARI,

Muguga, Kenya (38 entrées). La prospection de ressources génétiques a couvert la plupart de l'Ethiopie. Quelque 500 entrées ont été recueillies dans des milieux très variés allant de 1250 m à 2050 m d'altitude. Ils sont conservés et analysés par l'université d'Alemaya et l'Ethiopian Institute for Agricultural Research par l'entremise de leurs stations de recherche installées dans le pays. L'Ethiopian Institute of Biodiversity Conservation and Research détient une collection de 14 entrées.

Sélection Aux Etats-Unis où il faut des plantes indifférentes à la photopériode, le travail de sélection se concentre sur les hybrides de var. *ethiopica* et var. *petitiana* afin d'obtenir des types à fort rendement, insensibles à la longueur du jour et avec une bonne rétention des graines, et non-dormants. Plusieurs générations de ces sélections ont été mises au point et sont en cours d'évaluation. Des travaux de sélection, axés sur la caractérisation des ressources génétiques, sont menés actuellement en Ethiopie.

Perspectives Surtout en zones tropicales semi-arides, *Vernonia galamensis* demeure un oléagineux prometteur car source d'une matière première industrielle qui ne saurait être remplacée qu'en partie par des produits de la chimie de synthèse. Son succès, cependant, est tributaire à la fois des rendements économiques susceptibles de découler des sélections améliorées et de l'évolution des applications industrielles qui requièrent les qualités spécifiques de l'acide vernolique.
En règle générale, c'est une plante qui convient bien à la culture en zone semi-aride et aride et qui peut servir de nouvelle culture de rapport, permettant ainsi aux paysans des pays tropicaux en développement de diversifier leurs produits agricoles.

Références principales Baye, 2002; Baye, 2004; Baye & Becker, 2005a; Baye & Becker, 2005b; Baye, Kebede & Belete, 2001; Gilbert, 1986; Jeffrey, 1988; Perdue, Carlson & Gilbert, 1986; Shimelis, Labuschagne & Hugo, 2006; Trumbo, Rudelich & Mote, 1999.

Autres références Baye & Becker, 2004; Baye, Becker & Witzke-Ehbrecht, 2005; Beentje, 2000; Beentje et al., 2005; Bhardwaj et al., 2000; Carlson et al., 1981; Dierig & Thompson, 1993; Metzger & Bornscheuer, 2006; Robinson, 1999; Tefera & Baye, 2003; Teynor et al., 1992; Thompson et al., 1994; Thompson, Dierig & Kleiman, 1994.

Sources de l'illustration Gilbert, 1986.

Auteurs Tesfaye M. Baye & L.P.A. Oyen

VITELLARIA PARADOXA C.F.Gaertn.

Protologue Suppl. carp. : 131, t. 205 (1807).
Famille Sapotaceae
Nombre de chromosomes $2n = 24$

Synonymes *Butyrospermum niloticum* Kotschy (1865), *Butyrospermum parkii* (G.Don) Kotschy (1865), *Butyrospermum paradoxum* (C.F.Gaertn.) Hepper (1962).

Noms vernaculaires Karité, arbre à beurre (Fr). Shea butter tree, shea tree, bambouk butter tree, galam butter tree (En). Cárei, carité (Po).

Origine et répartition géographique *Vitellaria paradoxa* est indigène de la zone des savanes guinéennes et soudaniennes, du Sénégal jusqu'au Soudan, et à l'ouest de l'Ethiopie et en Ouganda, dans une bande de 500–700 km de large. On le trouve à l'intérieur des terres, séparé du Golfe de Guinée par des forêts ; il n'y a qu'au Ghana et au Nigeria qu'on le trouve à moins de 50 km de la côte.

Usages L'amande de la graine (souvent appelée "noix" à tort) contient une matière grasse végétale connue sous le nom de beurre de karité. Du beurre de karité de grande qualité est consommé dans toute l'Afrique de l'Ouest comme graisse de cuisson. La graisse raffinée est commercialisée sous forme de margarine et de graisse de cuisson. On l'utilise dans les pâtisseries et en confiserie parce qu'elle rend la pâte malléable. C'est un substitut au beurre de cacao, qui a des propriétés similaires. Beaucoup de produits cosmétiques, en particulier les crèmes hydratantes, les lotions et les rouges à lèvres, contiennent du beurre de karité comme base car son contenu riche en matières insaponifiables donne d'excellentes propriétés hydra-



Vitellaria paradoxa – sauvage et planté

tantes. Du beurre de karité de moindre qualité, souvent mélangé à d'autres huiles, est une matière de base pour le savon. Il est particulièrement adapté à la fabrication de bougies grâce à son point de fusion élevé.
Le beurre de karité est un produit de base adapté aux médicaments topiques. Son application soulage les rhumatismes et les douleurs aux articulations, et il soigne les plaies, les gonflements, la dermatite, les contusions et d'autres problèmes de peau. Il est utilisé traditionnellement pour soulager les inflammations nasales. Le beurre de karité est administré aux chevaux de façon externe et interne pour traiter les plaies et les écorchures.
Comme agent d'imperméabilisation, le beurre de karité est appliqué en enduit sur les murs en terre, les portes et les fenêtres. Le résidu noir collant, laissé après l'extraction d'huile, est utilisé pour combler les fissures dans les murs et comme matériau d'imperméabilisation.
Les eaux usées provenant de la production du beurre de karité ont des propriétés pesticides, et elles ont été mélangées au Burkina Faso à des graines de niébé stockées pour les protéger des attaques de la bruche *Callosobruchus maculatus*. Le tourteau ne peut être utilisé pour l'alimentation du bétail car il contient des composés antinutritionnels. Cependant, la farine détoxifiée peut être donnée comme aliment en faibles proportions. En Europe, le tourteau est utilisé comme masse non-nutritionnelle pour des tourteaux composés. Le tourteau et les coques sont également des engrais et du combustible potentiels.
Les fleurs et les fruits sont des aliments importants. Les fleurs sont quelquefois utilisées pour préparer des beignets. Malgré leurs propriétés légèrement laxatives, les fruits mûrs frais sont couramment consommés dans les zones de savane, car ils mûrissent pendant la saison de préparation du terrain et la saison de plantation. La pulpe sucrée des fruits mûrs tombés au sol peut être donnée au bétail.
Les feuilles sont utilisées pour traiter les maux d'estomac. On peut également les ajouter aux bains de vapeur pour soigner les maux de tête et les utiliser comme collyre. Les feuilles trempées dans l'eau produisent une bonne mousse pour le lavage. Les racines et l'écorce pilées sont utilisées pour traiter la diarrhée, la jaunisse et les maux d'estomac. Les racines sont utilisées comme médicament vétérinaire pour les chevaux.
Les infusions d'écorce ont des propriétés médicinales et antimicrobiennes, par ex. contre la dysenterie. Elles sont appliquées en bains d'yeux contre le venin de cobra. La décoction d'écorce est utilisée dans les bains pour faciliter l'accouchement et stimuler la lactation chez les mères allaitantes.
Le latex rougeâtre (gutta-karité ou caoutchouc kano rouge) qui exsude de coupures profondes dans l'écorce sert à produire de la colle, il est mâché comme chewing-gum, et il sert à faire des balles pour les jeux d'enfants. Les musiciens l'utilisent pour réparer les tambours.
Seuls des arbres non-productifs et en mauvaise santé sont abattus pour le bois d'œuvre. Le bois est utilisé pour fabriquer des poteaux, des piliers de maison, des chevrons, des parquets, des ustensiles domestiques et des meubles. C'est un excellent bois de feu, qui brûle en dégageant une forte chaleur, et c'est une source de charbon de bois.
Le karité est une source de miel importante. Des ruches placées dans ses branches sont assurées d'être bien approvisionnées en nectar et en pollen. La chenille comestible de *Cirina butyrospermi*, riche en protéines et largement collectée, se nourrit uniquement de feuilles de *Vitellaria paradoxa*. L'arbre est considéré comme sacré par beaucoup de tribus. L'huile est disposée dans des reliquaires et utilisée comme onction. Dans certaines régions, on suspend des feuilles dans l'entrée pour protéger les nouveau-nés, et on les utilise pour faire des masques.

Production et commerce international *Vitellaria paradoxa* est un des oléagineux les plus importants dans les zones rurales de la zone de savane d'Afrique de l'Ouest. La majeure partie de la production de graines est destinée à la consommation domestique et au commerce local. Le Nigeria est le principal producteur de graines de karité : 355 000 t en 1999, soit 58% de la production africaine, mais 10 000 t de moins qu'en 1996. Le Mali et le Burkina Faso sont également des producteurs majeurs : à la fin des années 1990, 85 000 t/an et 70 000 t/an respectivement, suivis par le Ghana (55 000 t), la Côte d'Ivoire (20 000 t), le Bénin (15 000 t) et le Togo (6500 t). On ne dispose pas, pour la majorité des pays, de statistiques à jour sur la production de graines de karité. Des rapports sur le Burkina Faso montrent un accroissement remarquable de la production, qui aurait atteint 222 000 t en 2005. Des tendances analogues existent probablement dans d'autres pays d'Afrique occidentale.
En 1998, l'Afrique a exporté 56 000 t de graines, pour une valeur de US$ 10,5 millions, dont 60% provenaient du Ghana. Les exportations

en provenance du Bénin ont diminué de 15 000 t en 1995 à 5600 t en 1998, le Togo a seulement connu une légère diminution de 6500 t en 1994 à 5100 t en 1998, alors que les exportations du Burkina Faso ont augmenté de 5000 t en 1994 pour atteindre 7600 t en 1997, puis 26 600 t en 2003. Aucune donnée d'exportation n'a été enregistrée pour le Nigeria depuis 1995. Les exportations de beurre de karité transformé pour toute l'Afrique représentaient 1200 t en 1998, pour une valeur de US$ 571 000. Le Bénin était en tête des exportateurs (1000 t, pour une valeur de US$ 400 000), suivi par la Côte d'Ivoire (200 t) et le Burkina Faso (30 t). Les exportations africaines de beurre de karité ont augmenté à 3200 t en 2000.

Les principaux importateurs de graines ces dernières années étaient la Belgique, le Danemark, le Japon, les Pays-Bas, la Suède et le Royaume-Uni.

Propriétés Le beurre de karité produit à partir des graines fraîches est blanc, sans odeur et de grande qualité, alors que celui provenant de vieilles graines est foncé et a un goût amer. La composition chimique approximative de l'amande par 100 g de matière sèche est de : lipides 31–62 g, protéines 7–9 g, glucides 31–38 g, matière insaponifiable 2,5–12 g. La composition en acides gras du beurre de karité est approximativement : acide laurique trace, acide myristique trace, acide palmitique 4–8%, acide stéarique 31–45%, acide oléique 43–56%, acide linoléique 4–8%, acide linolénique trace, et acide arachidique 1–2%. Les propriétés chimiques du beurre de karité varient dans son aire de répartition, le Burkina Faso et l'Ouganda représentant les extrêmes. Les teneurs les plus élevées en acide oléique ont été observées en Ouganda (57%), les plus basses au Burkina Faso (45%), tandis que le beurre de karité provenant du plateau Mossi au Burkina Faso a la proportion la plus élevée d'acide stéarique (45%), et celui provenant d'Ouganda a la plus basse (31%).

Le beurre de karité peut être utile comme produit de substitution au beurre de cacao car il a un point de fusion similaire (32–45°C), de grandes quantités de distéarine (30%) et un peu de stéaro-palmitine (6,5%) ce qui lui permet d'être mélangé avec le beurre de cacao sans altérer les propriétés d'écoulement.

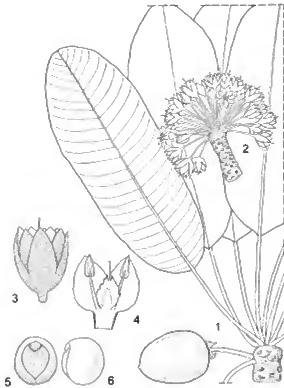
La proportion élevée de matière insaponifiable, contenant 60–70% d'alcools triterpènes, confère aux crèmes à base de beurre de karité de bonnes propriétés de pénétration qui sont particulièrement utiles dans les produits cosmétiques. L'allantoïne, un autre composé insaponifiable, est responsable de l'effet anti-inflammatoire et réparateur sur la peau. On l'emploie dans des pâtes dentifrices et autres produits d'hygiène buccale, ainsi que dans les shampooings, rouges à lèvres, lotions et crèmes cosmétiques, et autres produits cosmétiques et pharmaceutiques. Des essais cliniques sur des patients souffrant de rhinites, et ayant une congestion nasale moyenne à sévère, ont montré que le beurre de karité peut mieux soulager la congestion nasale que les gouttes nasales classiques.

Le tourteau de karité est une source potentielle d'aliment pour le bétail. Par 100 g de matière sèche il contient : protéines 8–25 g, lipides 2–20 g, glucides 48–67,5 g, fibres 5–12 g. Cependant, il a une digestibilité faible et des propriétés toxiques attribuées aux saponines ou aux tanins. Les graines moisies contiennent des quantités relativement faibles d'aflatoxine, alors que les échantillons commerciaux ont une quantité d'aflatoxine B_1 maximale de 20 µg par kg.

La pulpe du fruit contient par 100 g : glucose 1–2 g, fructose 1–2 g, saccharose 1–2 g, acide ascorbique 200 mg, Ca 36 mg, Mg 26 mg, Fe 2 mg, et des traces de Zn, Mn et Cu. La douceur de la pulpe est le principal critère de qualité.

Le bois de *Vitellaria paradoxa* est moyennement lourd (densité d'environ 720 kg/m³ à 12% de degré d'humidité) et dur. Il est susceptible de se fissurer lors du séchage et doit être séché lentement. Il est difficile à travailler et tend à se fendre lors du sciage, mais il est facile à polir. Il accepte bien le collage, le clouage et le vissage, mais il est recommandé de faire des avant-trous pour éviter la fente. Il est durable et résistant aux termites. Tant l'aubier que le bois de cœur résistent à l'imprégnation par des produits de conservation.

Description Arbre caducifolié de petite à moyenne taille, jusqu'à 15(–25) m de haut ; pivot jusqu'à 1(–2) m de long, racines latérales peu profondes, concentrées à une profondeur de 10 cm et s'étendant jusqu'à 20 m de la souche, racines latérales secondaires poussant jusqu'à la même profondeur que le pivot ; fût court, généralement 3–4 m de long, jusqu'à 100 cm de diamètre ; écorce noirâtre, grisâtre ou rougeâtre, rugueuse, profondément fissurée et découpée régulièrement en carrés liégeux ou en écailles rectangulaires, produisant du latex blanc lorsqu'elle est coupée ; cime ronde à fuselée, ou en forme d'ombrelle ou de balai ; jeunes branches initialement pubescentes et rougeâ-



Vitellaria paradoxa – 1, extrémité de branche avec feuilles et fruit ; 2, extrémité de branche avec inflorescence ; 3, fleur ; 4, partie de la corolle avec staminode et 2 étamines ; 5, graine vue de face ; 6, graine vue de côté.
Redessiné et adapté par M.M. Spitteler

tres, mais devenant glabres, branches en fleurs trapues, jusqu'à 1,5 cm de diamètre, à nombreuses cicatrices foliaires. Feuilles disposées en spirale, souvent en groupes denses à l'extrémité des branches, simples ; stipules petites et caduques ; pétiole de 3–10 cm de long ; limbe lancéolé à ovale-oblong, de 10–25 cm × 4–14 cm, base cunéiforme à arrondie ou légèrement subcordée, apex arrondi à aigu, bords entiers à ondulés, coriace, glabrescent à légèrement poilu sur les deux faces, pennatinervé à nervures proches et régulièrement espacées. Inflorescence : fascicule dense à l'extrémité d'un rameau, constitué de (8–)30–40(–100) fleurs. Fleurs bisexuées, régulières, blanches ou blanc crème, odorantes ; pédicelle jusqu'à 3 cm de long ; sépales libres, en 2 verticilles de (3–)4, de 1–1,5 cm de long, pubescents ; corolle à tube court et (6–)8 lobes environ aussi longs que les sépales, contourné dans le bouton ; étamines (6–)8, insérées au sommet du tube de la corolle, libres, staminodes (6–)8, alternant avec les étamines, pétaloïdes, à pointe filiforme ; ovaire supère, globuleux à ovoïde, pubescent, (5–)6–8(–10)-loculaire, style long et mince. Fruit : baie globuleuse à ellipsoïde, de 4–5(–8) cm × 2,5–5 cm, pesant (10–)20–30(–57) g, initialement verte, mais devenant vert jaunâtre ou brune à maturité, à 1(–2) graines. Graines globuleuses ou largement ellipsoïdes, de 3–5 cm × 2–3,5 cm, pesant (5–)8–10(–16) g ; tégument plutôt fin, luisant, avec large cicatrice ; amande constituée de deux cotylédons épais, charnus, fortement apprimés, et d'une radicule non-exserte. Plantule à germination hypogée, les cotylédons restant dans la graine ; épicotyle de 3–4 cm de long, portant des feuilles rudimentaires stipulées.

Autres données botaniques Le genre *Vitellaria* ne comprend qu'une seule espèce. Deux sous-espèces sont reconnues au sein de *Vitellaria paradoxa* : subsp. *paradoxa* (synonyme : *Butyrospermum parkii* (G.Don) Kotschy) et subsp. *nilotica* (Kotschy) A.N.Henry, Chithra & N.C.Nair (synonyme : *Butyrospermum niloticum* Kotschy). Subsp. *paradoxa* possède une pubescence moins dense et plus courte, et des fleurs légèrement plus petites que subsp. *nilotica*. On trouve subsp. *paradoxa* du Sénégal jusqu'en Centrafrique ; on trouve subsp. *nilotica* au Soudan et en Ouganda avec de petits peuplements en Ethiopie et en R.D. du Congo. Les aires de répartition des deux sous-espèces ne se chevauchent pas, malgré le fait que la distance entre elles est de moins de 175 km à la ligne de partage entre les bassins hydrographiques du Lac Tchad et de la rivière Congo à l'ouest, et du Nil à l'est et nord-est.

Croissance et développement Les graines de *Vitellaria paradoxa* sont récalcitrantes. Après absorption d'eau, le tégument se déchire et deux jours plus tard une structure (parfois appelée "pseudo-radicule", mais sur le plan anatomique constituée des pétioles fusionnés des cotylédons) émerge et s'enfonce dans le sol vers le bas. Lorsqu'elle a 7–8 cm de long, il en émerge une pousse avec des feuilles rudimentaires, qui pousse vers le haut jusqu'à la surface du sol. La structure elle-même continue de pousser vers le bas, formant la racine pivotante avec une surface liégeuse et des racines latérales. Lorsque la pousse émerge de la surface du sol, elle commence à former des feuilles normales. La racine pivot profonde et le système racinaire secondaire se développent pendant les premières années de la croissance. Ceci permet à la jeune plante de produire de nouvelles pousses quand les anciennes sont endommagées par la sécheresse ou le feu. La croissance de la tige est lente au début ; les ramifications

apparaissent au bout de 4–7 ans. *Vitellaria paradoxa* débute sa floraison à 10–25 ans. Les premières fleurs peuvent être stériles. La maturité est atteinte à 20–45 ans. La durée de vie est de 200–300 ans.
La croissance a lieu en vagues successives, et selon le modèle d'Aubréville. Une vague débute avec la formation d'une tige épaisse courte sur laquelle une touffe de feuilles se développe. Les branches doivent leur apparence caractéristique à la croissance sympodiale, produisant des rameaux alternant des sections longues et minces et des sections courtes et compactes. Les feuilles et les fleurs se développent sur la section terminale courte et épaisse qui est caractérisée par des entre-nœuds très courts et des cicatrices foliaires proéminentes. Lorsque le développement des feuilles s'arrête, la croissance de la branche continue à partir d'un bourgeon axillaire.
La chute des feuilles, la floraison, la vague de croissance et le début de la fructification ont lieu pendant la saison sèche. Les feuilles tombent généralement au début de la saison sèche. Les arbres sont rarement totalement effeuillés ou seulement pendant des périodes relativement courtes. La floraison a lieu du début au milieu de la saison sèche (entre novembre et janvier selon la latitude). En Ouganda, où l'on a un régime des pluies bimodal, il n'y a aussi qu'une seule période de floraison, qui culmine en février. Le feu peut provoquer une défoliation suivie d'une floraison précoce. Les fleurs atteignent leur taille définitive environ 3 semaines après leur apparition. Elles sont protogynes ; les styles sont exserts sur les fleurs non-ouvertes, avant la maturité du pollen. La pollinisation est assurée par les insectes (par ex. les abeilles) ou par le vent. Environ 25% des fleurs donnent des fruits. Les fruits se développent en 4–6 mois ; la maturation atteint son apogée lors de la saison des pluies. Les cycles de fructification sont variables, d'une durée de 2–5 ans.

Ecologie *Vitellaria paradoxa* est un arbre caractéristique de la savane ouest-africaine, mais il est également présent dans le sud du Sahel. Subsp. *paradoxa* pousse généralement à 100–600 m d'altitude (températures annuelles moyennes de 25–29°C), mais on le trouve également jusqu'à 1300 m ; on trouve subsp. *nilotica* à 450–1600 m. Subsp. *paradoxa* pousse dans des régions où la pluviométrie annuelle moyenne est de 600–1400 mm et où la saison sèche (précipitation inférieure à 50 mm) dure 5–8 mois ; subsp. *nilotica* pousse dans des régions où la pluviométrie annuelle moyenne est de 900–1400 mm, avec 3–5 mois secs.
Vitellaria paradoxa pousse sur des sols variés, tels que des sols argileux, argilo-sableux, sableux, caillouteux et latéritiques. L'arbre préfère les pentes colluviales avec des sols moyennement humides, profonds, riches en matière organique.

Multiplication et plantation *Vitellaria paradoxa* est multiplié par graines. Les graines ne doivent pas être séchées mais semées le plus rapidement possible car elles ont une viabilité très limitée. Lorsque des semences fraîches sont utilisées, la germination est de 90–97% à 25–30°C. Le stockage des semences à 25°C pendant 70 jours et 140 jours a donné des résultats de germination de 96% et de 88% respectivement. Les semences peuvent être plantées directement au champ ou dans une pépinière. La planche de semis est composée d'un mélange de compost organique et de sable. Les graines sont plantées à 1–5 cm de profondeur avec un espacement de 20 cm × 15 cm, ou dans des sachets en polyéthylène. Au bout d'un an, les plantules sont repiquées dans la pépinière ou plantées directement au champ. Ceux qui poussent dans des sachets en polyéthylène sont repiqués au bout de 1–2 ans.
La multiplication végétative n'a réussi que dans des essais expérimentaux. Le greffage peut accélérer la fructification de *Vitellaria paradoxa*. Dans des essais au Burkina Faso, certains plants greffés ont commencé à porter des fruits une année après le greffage. L'exsudation de latex interfère avec l'enracinement des boutures et avec le greffage. Un taux de réussite du greffage de 25% peut être atteint si le greffon est trempé dans l'eau pendant quelques heures afin de permettre au latex de s'évacuer. Le marcottage a été essayé avec un certain succès ; des hormones de croissance ont amélioré le taux de réussite.
L'espacement au champ dépend du système de culture ; les recommandations varient de 25 arbres par ha (20 m × 20 m) à 100 arbres par ha (10 m × 10 m). Le paillage et le désherbage favorisent une bonne croissance des plants. Les jeunes plants doivent être protégés du bétail et du feu. La croissance lente et la maturation tardive ont découragé la création de plantations de *Vitellaria paradoxa*.

Gestion Le karité a été protégé par les agriculteurs pendant de nombreux siècles dans la savane ouest-africaine, particulièrement là où le bétail est rare. Les arbres productifs sont laissés lorsque de nouvelles parcelles sont dé-

frichées, donnant naissance aux "parcs à karité" au Soudan, dans lesquels plus de 40% des arbres sont des *Vitellaria paradoxa*. La régénération naturelle est favorisée par une jachère d'au moins 5 ans. Si la période de jachère est écourtée, la régénération sera insuffisante. Dans les zones de culture, on trouve le karité en association avec des cultures annuelles, telles que le mil, le sorgho, l'arachide, le coton, le manioc, l'igname et des légumes.

La taille, le désherbage, l'apport d'engrais organique ou chimique, et l'évacuation des arbres morts et malades peuvent augmenter la productivité de façon notable. Les apports d'engrais recommandés sont de 2,5 kg de sulfate d'ammonium, 1,5 kg de phosphate de calcium et 1,5 kg de chlorure de potassium pour 10 arbres. Bien que *Vitellaria paradoxa* puisse tolérer les incendies, sa croissance et sa fructification sont affectées par le feu, et les arbres doivent de ce fait être protégés par un désherbage en couronne. Le surpâturage par le bétail doit être évité.

Maladies et ravageurs Deux maladies cryptogamiques sont potentiellement importantes : *Pestalotia heterospora* provoque la maladie des taches foliaires, tandis que *Fusicladium butyrospermi* donne des plaques foncées sur les branches. Au Ghana, *Botryodiplodia* spp. provoque également des taches sur les feuilles.

Il y a un grand nombre d'insectes ravageurs, le plus important étant *Curimospherna senegalensis* (synonyme : *Himatismus senegalensis*) qui attaque les jeunes pousses, *Xyloctonus scolytoides* qui creuse des galeries dans l'écorce des rameaux empêchant la croissance des feuilles et des boutons floraux, *Nephopteryx* sp. qui provoque des dégâts sur les fruits, et *Cirina butyrospermi* qui provoque la défoliation. Les fruits sont attaqués par le foreur des épis de maïs *Mussidia nigrivenella* et la mouche des fruits *Ceratitis silvestrii*, qui se nourrit de la pulpe des fruits en cours de maturation. Le karité est un hôte du nématode *Aphasmatylenchus straturatus*, qui affecte également les légumineuses en culture intercalaire. Les arbres sont souvent hôtes des figuiers étrangleurs (*Ficus* spp.) et des plantes hémiparasites (*Tapinanthus* spp.). Au Burkina Faso et au Mali, jusqu'à 95% des arbres sont infestés. A moins d'être supprimée en enlevant et en brûlant les branches affectées, l'infestation finit par tuer les arbres.

Récolte Les fruits sont récoltés lors de la saison humide, en général en juin–août selon la latitude. La récolte se prolonge sur environ 2,5 mois, et est effectuée le plus souvent par les femmes et les enfants. Les fruits tombés au sol sont collectés, car il est difficile à faire la distinction entre fruits en train de mûrir et fruits complètement mûrs. Les droits de cueillette dépendent de la tenure. Une femme collecte 20–45 kg de fruits par jour, selon son groupe ethnique, la proximité des arbres par rapport au village, et la distance entre les arbres. Les fruits sont rapportés au village dans des paniers placés sur la tête contenant environ 25 kg.

Rendements La productivité des karités est variable. Dans un échantillon réalisé au Burkina Faso, les meilleurs 25% des arbres ont produit 60% du rendement, tandis que les 30% les moins bons des arbres ont produit peu de fruits. Un bon arbre peut porter 15–30 kg de fruits en moyenne par an. Il peut produire jusqu'à 50 kg dans une bonne année, puis seulement 15 kg dans les 2 années suivantes. Même si aucune alternance n'a été mise en évidence, les observations montrent que *Vitellaria paradoxa* a tendance à ne donner qu'une bonne récolte tous les 3–4 ans.

Traitement après récolte Dans les zones rurales, les fruits sont traités par extraction à l'eau chaude, qui est généralement le travail des femmes. La pulpe des fruits est d'abord enlevée pour servir de nourriture ou bien par fermentation ou par ébullition. Les graines sont ensuite bouillies puis séchées au soleil ou dans un four. Le séchage au soleil peut prendre 5–10 jours. Les graines sont cassées au mortier ou avec des pierres ; les amandes sont extraites par piétinement. Les amandes sont ensuite séchées de nouveau avant d'être concassées et broyées afin de former une pâte, qui est soumise au malaxage, au chauffage ou à l'ébullition et au barattage, jusqu'à ce qu'une matière grasse grise huileuse se sépare de l'émulsion. La matière grasse est écumée à la surface, et lavée pour éliminer les impuretés. La matière grasse figée subit ensuite un raffinage et un moulage. Cette méthode traditionnelle de transformation n'est pas efficace et requiert beaucoup de main-d'œuvre. La mécanisation des diverses opérations, en particulier l'emploi de pressoirs hydrauliques ou à vis continue, ou l'application de l'extraction par solvants, améliorera considérablement l'efficacité de l'extraction de l'huile. Un prétraitement de la pâte par des enzymes (par ex. protéases and cellulases) peut augmenter également le rendement de l'extraction.

Ressources génétiques Il y a des indices qui montrent que la variation génétique chez

Vitellaria paradoxa est plus élevée à l'intérieur d'une même population qu'entre populations, et que la sélection de nombreux individus à partir d'un nombre limité de populations capterait sans doute suffisamment la variabilité génétique, notamment pour les caractères des fruits. Cependant, on a également trouvé des différences entre populations, par ex. dans la composition en acides gras. La diversité génétique de *Vitellaria paradoxa* disparaît actuellement en raison des feux de brousse et du surpâturage. Le karité est désigné comme une des ressources génétiques prioritaires de la forêt africaine. Il est l'objet de conservation *in situ* et de prospections de ressources génétiques. Des collections de ressources génétiques locales et régionales ont été établies par l'Institut national de l'environnement et de recherches agricoles (INERA) et le Centre national de semences forestières (CNSF) au Burkina Faso, le Cooperative Office for Voluntary Organizations of Uganda et le Centre international pour la recherche en agroforesterie (ICRAF) au Mali. Il y a également des collections locales ; celle du Cocoa Research Institute of Ghana a été analysée pour la taille des fruits et des graines ainsi que la teneur en lipides.

Sélection Le Cocoa Research Institute of Ghana a débuté un programme de sélection pour sélectionner des cultivars qui s'installent facilement sur le terrain et qui aient des graines à forte teneur en lipides. La longueur de la phase juvénile et la difficulté de la multiplication végétative de *Vitellaria paradoxa* font de la sélection un processus à long terme.

Perspectives Le karité a une grande importance économique dans les savanes guinéennes et soudaniennes. Il pousse dans une région vaste, se régénère bien, et est traditionnellement géré et protégé par les agriculteurs. Cependant, la régénération naturelle et la durabilité de la production de la noix de karité sont menacées par l'intensification de l'agriculture dans cette région. Les progrès réalisés dans les techniques de greffage permettent de penser que l'on pourra multiplier du matériel végétal sélectionné ayant des qualités particulières des fruits ou de la matière grasse en vue de petites plantations clonales pour répondre à la demande du marché pour une production de fruits ou de matière grasse de haute qualité. *Vitellaria paradoxa* occupe une niche dans les marchés internationaux comme substitut au beurre de cacao dans l'industrie alimentaire, cosmétique et pharmaceutique. Des études récentes sur la variation de la composition de la matière grasse à travers l'aire de répartition de l'espèce indique que le beurre de karité tendre provenant d'Ouganda est préféré pour les usages cosmétiques tandis que le beurre à plus haute teneur en acide stéarique comme on trouve au Burkina Faso convient mieux pour l'industrie du chocolat. Le beurre de karité connaît une vogue croissante comme ingrédient des cosmétiques et des savons, notamment dans les pays européens et aux Etats-Unis. Maintenant que l'Union européenne autorise l'utilisation de 5% de substituts au beurre de cacao dans les chocolats, les produits de chocolat et de confiserie représentent 95% de la demande pour le beurre de karité, et seulement 5% sont actuellement utilisés pour les produits cosmétiques et pharmaceutiques. Il est probable que la demande globale de beurre de karité continuera de s'accroître sur le marché mondial en raison des progrès réalisés dans la connaissance de ses diverses propriétés.

Références principales Adu-Ampomah, Amponsah & Yidana, 1995; Boffa et al., 1996; Bonkoungou, 1987; Booth & Wickens, 1988; Hall et al., 1996; Hemsley, 1968; Maranz et al., 2004a; Pennington, 1991; Perhaut, 1976; Tano-Debrah & Ohta, 1994; Tella, 1979.

Autres références Agyemang Dwomoh, 2003; de Beij, 1986; Di Vincenzo et al., 2005; Gamene, 1997; Heine, 1963; IPGRI & INIA, 2006; Jackson, 1968; Lamien et al., 2007; Maranz et al., 2004b; Maranz & Wiesman, 2003; Okullo, Hall & Obua, 2004; Sanou, Lovett & Bouvet, 2005; Sanou et al., 2004; Sanou et al., 2006; Tano-Debrah, Yoshimura & Ohta, 1996; Teklehaimanot, 2004.

Sources de l'illustration Aubréville, 1964.

Auteurs A. Nikiema & B.E. Umali

Oléagineux ayant un autre usage primaire

Liste des espèces dans les autres groupes d'usage (entre parenthèses), qui sont utilisées également comme oléagineux. Les synonymes sont en retrait (10 mai 2007). Les noms cités ci-dessous n'ont pas été répétés dans l'Index des noms scientifiques des plantes (p. 254).

Abroma angusta (plantes à fibres)
Acanthosicyos horridus (légumes)
Adansonia digitata (légumes)
Afraegle paniculata (fruits)
Afzelia pachyloba (bois d'œuvre)
Anacardium occidentale (fruits)
Annona muricata (fruits)
Annona senegalensis (fruits)
  Annona arenaria
  Annona chrysophylla
Annona squamosa (fruits)
Anthrocaryon nannanii (bois d'œuvre)
Aphanamixis polystachya (plantes médicinales)
  Aglaia polystachya
Aptandra zenkeri (bois d'œuvre)
Argemone mexicana (plantes médicinales)
  Argemone ochroleuca
Autranella congolensis (bois d'œuvre)
  Mimusops letestui
Avena sativa (céréales et légumes secs)
Averrhoa carambola (fruits)
Azadirachta indica (plantes auxiliaires)
Baillonella toxisperma (bois d'œuvre)
  Mimusops djave
Balanites aegyptiaca (fruits)
Balanites wilsoniana (huiles essentielles et exsudats)
Bauhinia petersiana (céréales et légumes secs)
  Bauhinia macrantha
Bauhinia purpurea (plantes ornementales)
Bauhinia variegata (plantes ornementales)
Blighia sapida (fruits)
Bombax buonopozense (plantes à fibres)
Borassus aethiopum (fruits)
Brassica napus (légumes)
Brassica rapa (légumes)
  Brassica campestris
  Brassica chinensis
Brochoneura dardainei (épices et condiments)
Brochoneura voury (épices et condiments)
  Myristica voury
Caesalpinia bonduc (plantes médicinales)
Calophyllum inophyllum (bois d'œuvre)
Calophyllum tacamahaca (plantes médicinales)
Canarium schweinfurthii (huiles essentielles et exsudats)
Cannabis sativa (plantes médicinales)
  Cannabis indica
Carapa procera (plantes médicinales)
  Carapa grandiflora
Cardiospermum grandiflorum (plantes médicinales)
Cardiospermum halicacabum (plantes médicinales)
Ceiba pentandra (bois d'œuvre, plantes à fibres)
  Eriodendron anfractuosum
Celtis toka (plantes auxiliaires)
  Celtis integrifolia
Ceratotheca sesamoides (légumes)
  Ceratotheca melanosperma
  Sesamum heudelotii
Chloroxylon swietenia (bois d'œuvre)
Chrysobalanus icaco (fruits)
  Chrysobalanus ellipticus
  Chrysobalanus orbicularis
Chrysophyllum africanum (bois d'œuvre)
  Chrysophyllum edule
Chrysophyllum lacourtianum (bois d'œuvre)
Cinnamomum camphora (huiles essentielles et exsudats)
Citrullus colocynthis (plantes médicinales)
  Colocynthis vulgaris
Citrullus lanatus (légumes)
  Citrullus vulgaris
  Colocynthis citrullus
  Momordica lanata
Citrus aurantium (fruits)
Cleome gynandra (légumes)
  Cleome pentaphylla
  Gynandropsis gynandra
  Gynandropsis pentaphylla
Cleome monophylla (légumes)
Cochlospermum religiosum (huiles essentielles et exsudats)
  Cochlospermum gossypium
Coelocaryon preussii (bois d'œuvre)
Combretum coccineum (plantes médicinales)
  Combretum pachycladum
  Poivrea coccinea
Cordeauxia edulis (céréales et légumes secs)
Coula edulis (fruits)
Croton megalobotrys (bois d'œuvre)

Cucumeropsis mannii (légumes)
Cucumeropsis edulis
Cucumis melo (légumes)
Cucumis laevigatus
Cucumis sativus (légumes)
Cucurbita maxima (légumes)
Cucurbita moschata (légumes)
Cucurbita pepo var. *moschata*
Cucurbita pepo (légumes)
Cyperus esculentus (sucres et amidons)
Dacryodes edulis (fruits)
Pachylobus edulis
Pachylobus saphu
Dacryodes klaineana (bois d'œuvre)
Pachylobus deliciosus
Dalbergia sissoo (bois d'œuvre)
Daniellia thurifera (bois d'œuvre)
Dilobeia thouarsii (bois d'œuvre)
Dypsis decipiens (plantes ornementales)
Chrysalidocarpus decipiens
Eruca vesicaria (légumes)
Eruca sativa
Erucastrum arabicum (légumes)
Brassica schimperi
Euphorbia enterophora (plantes médicinales)
Gaertnera liberiensis (bois d'œuvre)
Garcinia mangostana (fruits)
Garcinia orthoclada (plantes médicinales)
Ochrocarpos orthocladus
Garcinia verrucosa (fruits)
Garcinia xanthochymus (fruits)
Xanthochymus pictorius
Gossypium arboreum (plantes à fibres)
Gossypium barbadense (plantes à fibres)
Gossypium herbaceum (plantes à fibres)
Guizotia scabra (légumes)
Heisteria zimmereri (bois d'œuvre)
Hevea brasiliensis (huiles essentielles et exsudats)
Hibiscus cannabinus (légumes)
Hibiscus sabdariffa subsp. *cannabinus*
Hibiscus sabdariffa (légumes)
Hildegardia barteri (plantes auxiliaires)
Hyphaene coriacea (sucres et amidons)
Hyphaene hildebrandtii
Hyphaene natalensis
Hyphaene shatan
Hyptis spicigera (plantes médicinales)
Hyptis suaveolens (plantes médicinales)
Impatiens balsamina (plantes ornementales)
Indigofera leptoclada (plantes médicinales)
Jatropha multifida (plantes ornementales)
Khaya senegalensis (bois d'œuvre)
Klainedoxa gabonensis (bois d'œuvre)
Labramia bojeri (fruits)
Lagenaria siceraria (légumes)
Cucurbita lagenaria
Cucurbita siceraria
Lagenaria leucantha
Lagenaria vulgaris
Lannea acida (plantes médicinales)
Lecomtedoxa nogo (bois d'œuvre)
Lecomtedoxa heitziana.
Walkeria heitziana
Leonotis nepetifolia (plantes médicinales)
Leonotis africana
Lepidium sativum (légumes)
Lophira alata (bois d'œuvre)
Lophira procera
Luffa acutangula (légumes)
Cucumis acutangulus
Luffa cylindrica (plantes à fibres)
Luffa aegyptiaca
Maesa lanceolata (plantes médicinales)
Maesa nuda (plantes médicinales)
Mammea africana (bois d'œuvre)
Melia azedarach (plantes auxiliaires)
Mesua ferrea (plantes ornementales)
Mimosa pudica (plantes médicinales)
Mimusops elengi (bois d'œuvre)
Monodora tenuifolia (épices et condiments)
Moringa hildebrandtii (plantes médicinales)
Moringa oleifera (légumes)
Moringa pterygosperma
Moringa stenopetala (légumes)
Mucuna sloanei (colorants et tanins)
Mucuna urens
Myrica humilis (plantes médicinales)
Myrica arborea
Myrica kandtiana
Myrica kilimandscharica
Myrica meyeri-johannis
Myrica salicifolia
Myrica serrata (plantes médicinales)
Myrica microbracteata
Neocarya macrophylla (fruits)
Parinari macrophylla
Neolemonniera clitandrifolia (bois d'œuvre)
Sideroxylon aylmeri
Ochna pulchra (bois d'œuvre)
Odyendyea gabonensis (bois d'œuvre)
Quassia gabonensis
Olea capensis (bois d'œuvre)
Olea guineensis
Olea hochstetteri
Olea lancea
Olea welwitschii
Oncoba spinosa (bois d'œuvre)
Oryza sativa (céréales et légumes secs)
Pachira glabra (fruits)
Bombacopsis glabra
Pappea capensis (fruits)
Pappea ugandensis

Parinari curatellifolia (fruits)
Parinari mobola
Parinari excelsa (bois d'œuvre)
Parinari holstii
Parkia bicolor (bois d'œuvre)
Passiflora edulis (fruits)
Persea americana (fruits)
Persea gratissima
Piliostigma thonningii (plantes à fibres)
Bauhinia thonningii
Pithecellobium dulce (plantes auxiliaires)
Plantago major (plantes médicinales)
Poga oleosa (bois d'œuvre)
Polygala butyracea (plantes à fibres)
Pongamia pinnata (plantes médicinales)
Pouteria adolfi-friedericii (bois d'œuvre)
Aningeria adolfi-friedericii
Prosopis africana (bois de feu)
Prunus persica (fruits)
Amygdalus persica
Persica vulgaris
Psophocarpus tetragonolobus (légumes)
Quassia undulata (bois d'œuvre)
Hannoa ferruginea
Hannoa klaineana
Hannoa undulata
Raphia farinifera (plantes à fibres)
Raphia ruffia
Raphia humilis (huiles essentielles et exsudats)
Ravenala madagascariensis (plantes ornementales)
Requienia obcordata (plantes fourragères)
Tephrosia obcordata
Saccharum officinarum (sucres et amidons)
Salvia nilotica (plantes médicinales)
Salvia schimperi (épices et condiments)
Schleichera trijuga (bois de feu)
Schleichera oleosa
Sclerocarya birrea (fruits)
Poupartia birrea
Poupartia caffra
Sclerocarya caffra
Scyphocephalium mannii (bois d'œuvre)
Scyphocephalium ochocoa
Securidaca longipedunculata (plantes médicinales)
Sesamum alatum (légumes)
Sesamum angustifolium (légumes)
Sesamum calycinum var. *angustifolium*
Sesamum radiatum (légumes)
Sesamum triphyllum (plantes à fibres)
Setaria italica (céréales et légumes secs)
Staudtia kamerunensis (bois d'œuvre)
Staudtia gabonensis
Staudtia stipitata
Swietenia macrophylla (bois d'œuvre)
Swietenia mahagoni (bois d'œuvre)
Telfairia occidentalis (légumes)
Tephrosia platycarpa (plantes médicinales)
Tephrosia flexuosa
Terminalia catappa (plantes ornementales)
Tetracarpidium conophorum (fruits)
Plukenetia conophora
Tetrorchidium didymostemon (plantes médicinales)
Tetrorchidium minus
Theobroma cacao (plantes stimulantes)
Thespesia lampas (plantes ornementales)
Azanza lampas
Thevetia peruviana (plantes médicinales)
Cascabela thevetia
Thevetia neriifolia
Thymus vulgaris (épices et condiments)
Tieghemella africana (bois d'œuvre)
Baillonella africana
Dumoria africana
Mimusops africana
Tieghemella heckelii (bois d'œuvre)
Baillonella heckelii
Dumoria heckelii
Mimusops heckelii
Treculia africana (fruits)
Treculia madagascarica
Treculia mollis
Treculia perrieri
Trema orientalis (plantes auxiliaires)
Trema guineensis
Trichilia gilletii (plantes médicinales)
Trigonella foenum-graecum (épices et condiments)
Tylosema esculentum (céréales et légumes secs)
Bauhinia esculenta
Voacanga thouarsii (plantes médicinales)
Orchipeda thouarsii
Ximenia americana (fruits)
Ximenia caffra (fruits)
Xylocarpus granatum (colorants et tanins)
Carapa granatum
Carapa obovata
Xylocarpus obovatus
Zanthoxylum gilletii (bois d'œuvre)
Fagara macrophylla
Fagara melanorhachis
Zanthoxylum tessmannii
Zea mays (céréales et légumes secs)

Bibliographie

Abbott, T.P., Phillips, W.A., Swezey, J.L., Bennett, G.A. & Kleiman, R., 1990. Large scale detoxification of jojoba meal for cattle feed. In: Proceedings of the 8th International Conference on Jojoba and its uses, held in Asunción, Paraguay, June 17–22, 1990. pp. 1–13.

Adamou Baloka, S., 2000. Valorisation de Lophira lanceolata dans les hautes terres de l'Adamaoua. Rapport de Stage, Licence en Biologie appliquée. Université de Ngaoundéré, Ngaoundéré, Cameroon. 18 pp.

Adamson, I., Okafor, C. & Abu-Bakare, A., 1986. Erythrocyte membrane ATPases in diabetes: effect of dikanut (Irvingia gabonensis). Enzyme 36(3): 212–215.

Adefris Teklewold & Adugna Wakjira, 2004. Seed filling and oil accumulation in noug (Guizotia abyssinica (L.f.) Cass). SINET: Ethiopian Journal of Science 27: 25–32.

Adefris Teklewold & Bulcha Weyessa, 2001. Noug: the dominant oil crop in the highlands of Ethiopia. In: Paulos Dubale, Asgelil Dibabe, Asfaw Zeleke, Gezahegn Ayele & Abebe Kirub (Editors). Proceedings of the International Symposium on Vertisol Management, 28 November to 1 December 2000, Debre Zeit, Ethiopia. pp. 159–169.

Adefris, T., Getinet, A. & Tesfaye, G., 1992. Linseed breeding in Ethiopia. In: Oilseeds research and development in Ethiopia. Proceedings of the First National Oilseeds Workshop, 3–5 December, 1991. IAR, Addis Ababa, Ethiopia. pp. 41–50.

Adjanohoun, J.E., Ahiyi, M.R.A., Aké Assi, L., Dramane, K., Elewude, J.A., Fadoju, S.U., Gbile, Z.O., Goudote, E., Johnson, C.L.A., Keita, A., Morakinyo, O., Ojewole, J.A.O., Olatunji, A.O. & Sofowora, E.A., 1991. Traditional medicine and pharmacopoeia: contribution to ethnobotanical and floristic studies in western Nigeria. OUA/ST & RC, Lagos, Nigeria. 205 pp.

Adjanohoun, J.E., Aboubakar, N., Dramane, K., Ebot, M.E., Ekpere, J.A., Enow-Orock, E.G., Focho, D., Gbilé, Z.O., Kamanyi, A., Kamsu, K.J., Keita, A., Mbenkum, T., Mbi, C.N., Mbiele, A.L., Mbome, I.L., Mubiru, N.K., Nancy, W.L., Nkongmeneck, B., Satabié, B., Sofowora, A., Tamze, V. & Wirmum, C.K., 1996. Contribution to ethnobotanical and floristic studies in Cameroon. CSTR/OUA, Cameroon. 641 pp.

Adkins, S., Samosir, Y., Nikmatullah, A., Wilkins R., Hetherington, S. & Ogle, H., 2002. Towards the clonal propagation of coconut. Acta Horticulturae 575: 107–115.

Adomako, D., 1977. Fatty acid composition and characteristics of Pentadesma butyracea fat extracted from Ghana seeds. Journal of the Science of Food and Agriculture 28: 384–386.

Adu-Ampomah, Y., Amponsah, J.D. & Yidana, J.A., 1995. Collecting germplasm of sheanut (Vitellaria paradoxa) in Ghana. Plant Genetic Resources Newsletter 102: 37–38.

Adugna, W. & Labuschagne, M.T., 2002. Genotype-environment interactions and phenotypic stability analyses of linseed in Ethiopia. Plant Breeding 121(1): 66–71.

Adugna, W. & Labuschagne, M.T., 2003. Association of linseed characters and its variability in different environments. Journal of Agricultural Science 140: 285–296.

Adugna, W. & Labuschagne, M.T., 2004. Diversity analysis in Ethiopian and some exotic collections of linseed. South African Journal of Plant and Soil 21(1): 53–58.

Adugna, W., Viljoen, C.D. & Labuschagne, M.T., 2005. Analysis of genetic diversity in linseed using AFLP markers. SINET: Ethiopian Journal of Science 28(1): 41–50.

Adugna, W., Labuschagne, M.T. & Hugo, H., 2004. Variability in oil content and fatty acid composition of Ethiopian and introduced cultivars of linseed. Journal of the Science of Food and Agriculture 84: 601–607.

Afkah, P.A., Aguwa, C.N. & Agu, R.U., 1999. Studies on the antidiarrhoeal properties of Pentaclethra macrophylla leaf extracts. Phytotherapy Research 13(4): 292–295.

Agne, P.S.E., Rancé, F. & Bidat E., 2003. Allergie au sésame. Revue française d'Allergologie et d'Immunologie clinique 43: 507–516.

Aguilar, N.O. & Ong, H.C., 2001. Vernicia Lour. In: van der Vossen, H.A.M. & Umali, B.E. (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 14. Vegetable oils and fats. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 142–146.

Agyemang Dwomoh, E., 2003. Insect species associated with sheanut tree (Vitellaria paradoxa) in northern Ghana. Tropical Science 43: 70–75.

Airy Shaw, H.K., 1966. Notes on Malaysian and other Asiatic Euphorbiaceae. Kew Bulletin 20: 393–395.

Airy Shaw, H.K., 1967. Generic segregation in the affinity of Aleurites J.R. & G. Forster. Kew Bulletin 26: 393–395.

Aisagbonhi, C.I., Airede, C.E., Appiah, F.O. & Kolade, K.O., 2004. Key pests and diseases of oil palm in Africa: Their biology, epidemiology and methods of control. In: Proceedings of the international conference on pests & diseases of importance to the oil palm industry. Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 998–1006.

Aitzetmüller, K., Xin, Y., Werner, G. & Grönheim, M., 1992. High-performance liquid chromatographic investigations of stillingia oil. Journal of Chromatography 603: 165–173.

Aka Sagliker, H. & Darici, C., 2005. Nutrient dynamics of Olea europaea L. growing on soils derived from two different parent materials in the eastern Mediterranean region (Turkey). Turkish Journal of Botany 29: 255–262.

Akem, C.N. & Dashiell, K.E., 1996. Frogeye leaf spot of soybeans: its importance and research in tropical Africa. In: Pandalai, S.G. (Editor). Recent Research Developments in Plant Pathology. Vol. 1. Research Signpost, Trivandrum, India. pp. 171–180.

Akindahunsi, A.A., 2004. Physicochemical studies on African oil bean (Pentaclethra macrophylla Benth.) seed. Journal of Food, Agriculture and Environment 2: 14–17.

Ako, H., Kong, N. & Brown, A., 2005. Fatty acid profiles of kukui nut oils over time and from different sources. Industrial Crops and Products 22: 169–174.

Akoègninou, A., van der Burg, W.J. & van der Maesen, L.J.G. (Editors), 2006. Flore analytique du Bénin. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. 1034 pp.

Akubor, P.I., 1996. The suitability of African bush mango juice for wine production. Plant Foods for Human Nutrition 49: 213–219.

Akubor, P.I. & Chukwu, J.K., 1999. Proximate composition and selected functional properties of fermented and unfermented African oil bean (Pentaclethra macrophylla) seed flour. Plant Foods for Human Nutrition 54: 227–238.

Alegbejo, M.D., Iwo, G.A., Abo, M.E. & Idowu, A.A., 2003. Sesame: a potential industrial and export oilseed crop in Nigeria. Journal of Sustainable Agriculture 23(1): 59–76.

Alemayehu, N. & Becker, H., 2002. Genotypic diversity and patterns of variation in a germplasm material of Ethiopian mustard (Brassica carinata A. Braun). Genetic Resources and Crop Evolution 49: 573–582.

Aljanabi, S., 2001. Genomics and plant breeding. Biotechnology Annual Review 7: 195–238.

Anigbogu, N.M., 1996. Nature's gifts: improving trees and shrubs around the world. Ricinodendron heudelotii in Nigeria. Agroforestry Today 8(2): 18.

Anonymous, 1942. Po-yok fruits from Sierra Leone. Bulletin of the Imperial Institute, London 40(2): 99–103.

Anonymous, 1957. Angueuk. Bois et Forêts des Tropiques 54: 23–26.

Anonymous, 1997–1998. Fiche espèce sur Jatropha curcas Linn. Revue de médecines et pharmacopées africaines 11-12: 205–222.

Arancon Jr. R.N., 1997. Asia-Pacific Forestry Sector Outlook Study: Focus on Coconut Wood. [Internet] FAO, Rome, Italy. <http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/W7731E/w7731e07.htm>. Accessed May 2006.

Arbonnier, M., 2000. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD, MNHN, UICN. 541 pp.

Asaah, E.K., Tchoundjeu, Z. & Atangana, A.R., 2003. Cultivation and conservation status of Irvingia wombolu in humid lowland forest of Cameroon. Journal of Food, Agriculture and Environment 1(3-4): 251–256.

Ash, G.J., Albiston, A. & Cother, E.J., 2005. Aspects of jojoba agronomy and management. Advances in Agronomy 85: 409–436.

Ashri, A., 1971. Evaluation of the world collection of safflower, Carthamus tinctorius L. 2. Resistance to safflower fly, Acanth[i]ophilus helianthi R. Euphytica 20: 410–415.

Ashri, A., 1998. Sesame breeding. Plant Breeding Reviews 16: 179–228.

Ataga, C.D., 1993. Performance of the Nigerian oil palm (Elaeis guineensis). In: Proceedings of the PORIM International Palm Oil Conference, Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 68–77.

Ataga, C.D., Okwuagwu, C.O. & Okolo, E.C., 1999. Characteristics of a recent oil palm (Elaeis guineensis) germplasm collection and its exploitation in Nigeria. In: Proceedings of the PORIM International Palm Oil Conference. Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 277–280.

Atangana, A.R., Tchoundjeu, Z., Fondoun, J.-M., Asaah, E., Ndoumbe, M. & Leakey, R.R.B., 2001. Domestication of Irvingia gabonensis: 1. Phenotypic variation in fruits and kernels in two populations from Cameroon. Agroforestry Systems 53(1): 55–64.

Atangana, A.R., Ukafor, V., Anegbeh, P., Asaah, E., Tchoundjeu, E., Fondoun, J-M., Ndoumbe, M. & Leakey, R.R.B., 2002. Domestication of Irvingia gabonensis: 2. The selection of multiple traits for potential cultivars from Cameroon and Nigeria. Agroforestry Systems 55(3): 221–229.

Athar, M. & Nasir, S.M., 2005. Taxonomic perspectives of plant species yielding vegetable oils used in cosmetics and skin care products. African Journal of Biotechnology 4: 36–44.

ATIBT, 2004. Tropical wood and wooden product export statistics. ATIBT Newsletter 20: 29–47.

Atlagic, A., 2004. Roles of interspecific hybridization and cytogenetic studies in sunflower breeding. Helia 27 (41): 1–24.

Aubréville, A., 1959a. La flore forestière de la Côte d'Ivoire. Deuxième édition révisée. Tome premier. Publication No 15. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France. 369 pp.

Aubréville, A., 1959b. La flore forestière de la Côte d'Ivoire. Deuxième édition révisée. Tome deuxième. Publication No 15. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France. 341 pp.

Aubréville, A., 1962. Irvingiacées. Flore du Gabon. Volume 3. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France. pp. 12–32.

Aubréville, A., 1964. Sapotacées. Flore du Cameroun. Volume 2. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France. 143 pp.

Avocèvou C., 2005. Pour une exploitation durable des produits forestiers non ligneux : effet du ramassage des fruits de Pentadesma butyracea sur sa régénération naturelle et analyse financière de la commercialisation de ses amandes et de son beurre dans l'arrondissement de Pénessoulou au Bénin. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies. Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 88 pp.

Axtell, B.L. & Fairman, R.M., 1992. Minor oil crops. FAO, Rome, Italy. 421 pp.

Ayuk, E.T., Duguma, B., Franzel, S., Kengue, J., Mollet, M., Tiki Manga, T. & Zenkeng, P., 1999a. Uses, management and economic potential of Garcinia kola and Ricinodendron heudelotii in the humid lowlands of Cameroon. Journal of Tropical Forest Science 11(4): 746–761.

Ayuk, E.T., Duguma, B., Franzel, S., Kengue, J., Mollet, M., Tiki-Manga, T. & Zenkeng, P., 1999b. Uses, management and economic potential of Irvingia gabonensis in the humid lowlands of Cameroon. Forest Ecology and Management 113(1): 1–9.

Baagøe, J., 1974. The genus Guizotia (Compositae). A taxonomic revision. Botanisk Tidsskrift 69(1): 1–39.

Babady Bila & Herz, W., 1996. Triterpenes and 1-(omega-hydroxyceratyl)glycerols from Pentaclethra eetveldeana root bark. Phytochemistry 42(2): 501–504.

Bailey, D.C., 1980. Anomalous growth and vegetative anatomy of Simmondsia chinensis. American Journal of Botany 67: 147–162.

Baillon, M.H., 1889. Histoire naturelle des plantes. In: Grandidier, A. (Editor). Histoire Physique, Naturelle et Politique de Madagascar. Imprimerie Nationale, Paris, France. Pl. 79A–I.

Baker, H.G. & Baker, I., 1968. Chromosome numbers in the Bombacaceae. Botanical Gazette 129: 294–296.

Bamps, P., 1966. Notes sur les Guttiferae d'Afrique tropicale. Bulletin du Jardin Botanique de l'Etat (Bruxelles) 36(4): 425–459.

Bamps, P., 1969. Notes sur les Guttiferae d'Afrique tropicale 4: Revision du genre Allanblackia Oliv. Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique 39: 345–372.

Bamps, P., 1970. Guttiferae (Clusiaceae). In: Boutique, R. (Editor). Flore du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Spermatophytes. Jardin botanique national de Belgique, Brussels, Belgium. 74 pp.

Bamps, P. & Farron, C., 1967. Ochnaceae. In: Flore du Congo, du Ruanda et du Burundi. Spermatophytes. Jardin botanique national de Belgique, Brussels, Belgium. 66 pp.

Bamps, P., Robson, N. & Verdcourt, B., 1978. Guttiferae. In: Polhill, R.M. (Editor). Flora of Tropical East Africa. Crown Agents for Oversea Governments and Administrations, London, United Kingdom. 34 pp.

Bandeira, S.O., Albano, G. & Barbosa, F.M., 1999. Diversity and uses of plant species in Goba, Lebombo mountains, Mozambique, with emphasis on trees and shrubs In: Timberlake, J. & Kativu, S. (Editors). African Plants: biodiversity, taxonomy and uses, Royal Botanic Gardens, Kew, United Kingdom. pp. 429–439.

Banks, C.H. & Schoeman, J.P., 1963. Railway sleeper and crossing timbers. Bulletin 41. The Government Printer, Pretoria, South Africa. 54 pp.

Baraguey, C., Blond, A., Correia, I., Pousset, J.-L., Bodo, B. & Auvin-Guette, C., 2000. Mahafacyclin A, a cyclic heptapeptide from Jatropha mahafalensis exhibiting β-bulge conformation. Tetrahedron Letters 41: 325–329.

Barranco, D., Fernandez-Escobar, R. & Rallo, L. (Editors), 1998. El cultivo del olivo. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, Spain. 651 pp.

Barrett, J.E., Klopfenstein, C.F. & Leipold, H.W., 1998. Protective effects of cruciferous seed meals and hulls against colon cancer in mice. Cancer Letters 127(1-2): 83–88.

Bartolini, G. & Petrucelli, R., 2002. Classification, origin, diffusion and history of the olive. FAO, Rome, Italy. 74 pp.

Basiron, Y., Jalani, B.S. & Chan, K.W. (Editors), 2000. Advances in oil palm research, Volumes I & II. Malaysian Palm Oil Board, Ministry of Primary Industries, Kuala Lumpur, Malaysia. 1526 pp.

Bassil, E.S. & Kaffka, S.R., 2002. Response of safflower (Carthamus tinctorius L.) to saline soils and irrigation. Agricultural Water Management 54: 67–92.

Batanouny, K.H., 1999. Wild medicinal plants in Egypt: An inventory to support conservation and sustainable use. [Internet] Palm Press, Cairo, Egypt. 207 pp. <http://www.iucn.org/places/medoffice/nabp/web/documents/book/chapter3.pdf>. Accessed October 2006.

Batugal, P.A. & Rao, V.R. (Editors), 1994. Coconut breeding. Workshop on Standardization of Coconut Breeding Research Techniques, 20–25 June 1994, Port Bouet, Côte d'Ivoire. International Plant Genetics Resources Institute, Regional Office for Asia, the Pacific and Oceania. Serdang, Malaysia. 150 pp.

Baum, D.A., 1995a. A systematic revision of Adansonia (Bombacaceae). Annals of the Missouri Botanical Garden 82(3): 440–471.

Baum, D.A., 1995b. The comparative pollination and floral biology of baobabs (Adansonia - Bombacaceae). Annals of the Missouri Botanical Garden 82(2): 322–348.

Baum, D.A., 1996. The ecology and conservation of the baobabs of Madagascar. In: Ganzhorn, J.U. & Sorg, J.-P. (Editors). Ecology and economy of a tropical dry forest in Madagascar. Primate Report. Special Issue 46: 311–328.

Baum, D.A. & Oginuma, K., 1994. A review of chromosome numbers in Bombacaceae with new counts for Adansonia. Taxon 43(1): 11–20.

Baye, T., 2002. Genotypic and phenotypic variability in Vernonia galamensis germplasm collected from eastern Ethiopia. Journal of Agricultural Science 139(2): 161–168.

Baye, T., 2004. Exploration, genetic diversity and seed quality analyses in Ethiopian populations of Vernonia galamensis. Cuvillier Verlag, Göttingen, Germany. 170 pp.

Baye, T. & Becker, H.C., 2004. Natural outcrossing rate in Vernonia galamensis. Plant Breeding 123(4): 398–399.

Baye, T. & Becker, H.C., 2005a. Exploration of Vernonia galamensis in Ethiopia, and variation in fatty acid composition of seed oil. Genetic Resources and Crop Evolution 52(7): 805–811.

Baye, T. & Becker, H.C., 2005b. Genetic variability and interrelationship of traits in the industrial oil crop Vernonia galamensis. Euphytica 142(1-2): 119–129.

Baye, T., Becker, H.C. & Witzke-Ehbrecht, S.V., 2005. Vernonia galamensis, natural source of epoxy oil: Variation in fatty acid composition of seed and leaf lipids. Industrial Crops and Products 21: 257–261.

Baye, T., Kebede, H. & Belete, K., 2001. Agronomic evaluation of Vernonia galamensis germplasm collected from Eastern Ethiopia. Industrial Crops and Products 14: 179–190.

Bedigian, D., 1988. Sesamum indicum L. (Pedaliaceae): Ethnobotany in Sudan, crop diversity, lignans, origin, and related taxa. In: Goldblatt, P. & Lowry, P.P. (Editors). Modern systematic studies in African botany. AETFAT Monographs in Systematic Botany 25. Missouri Botanical Garden, St. Louis, United States. pp. 315–321.

Bedigian, D., 1998. Early history of sesame cultivation in the Near East and beyond. In: Damania, A.B. (Editor). The origins of agriculture and crop domestication. Proceedings of the Harlan Symposium, 10–14 May 1997, Aleppo, Syria. ICARDA, Aleppo, Syria. pp. 93–101.

Bedigian, D., 2000. Sesame. In: Kiple, K.F. & Ornelas, C.K. (Editors). The Cambridge world history of food. Cambridge University Press, New York, United States. pp. 411–421.

Bedigian, D., 2003a. Evolution of sesame revisited: domestication, diversity and prospects. Genetic Resources and Crop Evolution 50(7): 773–778.

Bedigian, D., 2003b. Sesame in Africa: origin and dispersals. In: Neumann, K., Butler, A. and Kahlheber, S. (Editors). Food, fuel and fields: Progress in African archaeobotany. Africa Praehistorica. Heinrich-Barth-Institute, Köln, Germany. pp. 17–36.

Bedigian, D., 2004. History and lore of sesame in Southwest Asia. Economic Botany 58(3): 329–353.

Bedigian, D., 2006. Assessment of sesame and its wild relatives in Africa. In: Ghazanfar, S.A. & Beentje, H. (Editors). African plants: biodiversity, ecology, phytogeography and taxonomy. Royal Botanic Gardens, Kew, United Kingdom. pp. 481–491.

Bedigian, D. (Editor), 2007. Sesame: the genus Sesamum. Medicinal and Aromatic Plants - Industrial Profiles series. CRC Press, Boca Raton FL, United States. (in preparation).

Bedigian, D. & Harlan, J.R., 1983. Nuba agriculture and ethnobotany with particular reference to sesame and sorghum. Economic Botany 37: 384–395.

Bedigian, D., Seigler, D.S., & Harlan, J.R., 1985. Sesamin, sesamolin and the origin of sesame. Biochemical Systematics and Ecology 13: 133–139.

Bedigian, D., Smyth, C.A. & Harlan, J.R., 1986. Patterns of morphological variation in sesame. Economic Botany 40: 353–365.

Beentje, H., Eriksson, T., Kilian, N., King-Jones, S., Thulin, M., Mesfin Tadesse, Ortiz, S. & Rodríguez-Oubiña, J., 2005. Asteraceae (Compositae). In: Thulin, M. (Editor). Flora of Somalia. Volume 3. Angiospermae (cont.). Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom. pp. 465–558.

Beentje, H.J., 1994. Kenya trees, shrubs and lianas. National Museums of Kenya, Nairobi, Kenya. 722 pp.

Beentje, H.J., 2000. Compositae (part 1). In: Beentje, H.J. (Editor). Flora of Tropical East Africa. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands. pp. 1–313.

Benzioni, A., 1995. Jojoba domestication and commercialization in Israel. Horticultural Reviews 17: 233–266.

Benzioni, A. & Forti, M., 1989. Jojoba. In: Röbbelen, G., Downey, R.K. & Ashri, A. (Editors). Oil crops of the world. McGraw-Hill, New York, United States. pp. 448–461.

Benzioni, A., Mills, D., Van Boven, M. & Cokelaere, M., 2005. Effect of genotype and environment on the concentration of simmondsin and its derivatives in jojoba seeds and foliage. Industrial Crops and Products 21: 241–249.

Benzioni, A., Van Boven, M., Ramamoorthya, S. & Mills, D., 2006. Compositional changes in seed and embryo axis of jojoba (Simmondsia chinensis) during germination and seedling emergence. Industrial Crops and Products 23: 297–303.

Berhaut, J., 1975. Flore illustrée du Sénégal. Dicotylédones. Volume 3. Connaracées à Euphorbiacées. Gouvernement du Sénégal, Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique, Direction des Eaux et Forêts, Dakar, Senegal. 634 pp.

Berhaut, J., 1979. Flore illustrée du Sénégal. Dicotylédones. Volume 6. Linacées à Nymphéacées. Gouvernement du Sénégal, Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique, Direction des Eaux et Forêts, Dakar, Senegal. 636 pp.

Berjak. P. & Mycock, D., 2004. Calcium, with magnesium, is essential for normal seedling development from partially dehydrated recalcitrant axes: a study on Trichilia dregeana Sond. Seed Science Research 14: 217–231.

Berjak, P., Kioko, J.I., Makhathini, A. & Watt, M.P., 2004. Strategies for field collection of recalcitrant seeds and zygotic embryonic axes of the tropical tree, Trichilia dregeana Sond. Seed Science and Technology 32(3): 825–836.

Besnard, G. & Berville, A., 2000. Multiple origins for Mediterranean olive (Olea europaea L ssp. europaea) based upon mitochondrial DNA polymorphisms. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Sciences de la vie / Life Sciences 323: 173–181.

Besnard, G., Khadari, B., Baradar, P. & Bervillé, A., 2002. Olea europaea (Oleaceae) phylography based on chloroplast DNA polymorphism. Theoretical and Applied Genetics 104: 1353–1361.

Bettencourt, E. & Konopka, J., 1990. Directory germplasm collections. Collection. 4: Vegetables Abelmoschus, Allium, Amaranthus, Brassicaceae, Capsicum, Cucurbitaceae, Lycopersicon, Solanum and other vegetables. IBPGR, Rome, Italy. 250 pp.

Bhardwaj, H.L., Hamama, A.A., Rangappa, M. & Dierig, D.A., 2000. Vernonia oilseed production in the mid-atlantic region of the United States. Industrial Crops and Products 12: 119–124.

Bharucha, K.E. & Gunstone, F.D., 1956a. Fatty acids. IV. Preparation of eight 9,10,12,13 tetrahydroxystearic acids. Journal of the Chemical Society 1956: 1611–1619.

Bharucha, K.E. & Gunstone, F.D., 1956b. Vegetable oils. V. Component acids of Cephalocroton cordofanus seed oil. Journal of the Science of Food and Agriculture 7: 606–609.

Bhat, K.V., Babrekar, P.P. & Lakhanpaul, S., 1999. Study of genetic diversity in Indian and exotic sesame (Sesamum indicum L.) germplasm using random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers. Euphytica 110: 21–33.

Bianchini, J.-P., Ralaimanarivo, A., Gaydou, E.M. & Waegell, B., 1982. Hydrocarbons, sterols and tocopherols in the seeds of six Adansonia species. Phytochemistry 21(8): 1981–1987.

Bihrmann, undated. Caudiciforms: Adansonia za. [Internet] <http://www.bihrmann.com/caudiciforms/subs/ada-za-sub.asp>. Accessed September 2006.

Blaak, G. & Sterling, F., 1996. The prospects of extending oil palm cultivation to higher elevations through using cold-tolerant planting material. Planter (Kuala Lumpur) 72: 645–652.

Boerma, H.R. & Specht, J.E., 2004. Soybeans: improvement, production, and uses. 3rd Edition. Agronomy Series No 16. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America & Soil Science Society of America Publishers, Madison, Wisconsin, United States. 1144 pp.

Boffa, J.-M., Yameogo, G., Nikiema, P. & Taonda, J.-B., 1996. What future for shea tree? Agroforestry Today 8(4): 5–9.

Boiteau, P., Boiteau, M. & Allorge-Boiteau, L., 1999. Dictionnaire des noms malgaches de végétaux. 4 Volumes + Index des noms scientifiques avec leurs équivalents malgaches. Editions Alzieu, Grenoble, France.

Bojean, A., 1991. Castor cultivation for chemical applications. Galileo/ONIDOL, s.l., France. 101 pp.

Bokesch, H.R., McKee, T.C., Cardellina II, J.H. & Boyd, M.R., 1994. Ent-4'-O methylgallocatechin from Panda oleosa. Natural Products Letters 4: 155–157.

Bolza, E. & Keating, W.G., 1972. African timbers: the properties, uses and characteristics of 700 species. Division of Building Research, CSIRO, Melbourne, Australia. 710 pp.

Bonifacio, E., Santonoi, S. & Zanini, E., 2000. Soil properties required by some southern Africa fruit trees as assessed by discriminant analysis. Arid Soil Research and Rehabilitation 14: 253–263.

Bonkoungou, E.G., 1987. Monographie du karité, Butyrospermum paradoxum (Gaertn. f.) Hepper, espèce agroforestière à usages multiples. Institut de Recherche en Biologie et Ecologie Tropicale (IRBET) & Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST). Ouagadougou, Burkina Faso. 67 pp.

Booth, F.E.M. & Wickens, G.E., 1988. Non-timber uses of selected arid zone trees and shrubs in Africa. FAO Conservation Guide No 19. FAO, Rome, Italy. 176 pp.

Borie, J.M., 2000. Prospections d'amélioration des paramètres d'aménagement. In CIRAD/MINEF/ONADEF/ONF (Editors.). Gestion durable des forêts au Cameroun: vers une foresterie responsable, contribution du projet Forêts et Terroirs. Actes de l'atelier d'échanges. Yaoundé, Cameroun. pp. 99–118.

Botha, R., 2004. Trichilia emetica Vahl. [Internet] Ecoport RSA Country Programme. <http://ecoport.org/ep?Plant=10502&entityType=PL****&entityDisplayCategory=full>. Accessed January 2006.

Botti, C., Prat, L., Palzkill, D. & Cánavez, L., 1998. Evaluation of jojoba clones grown under water and salinity stress in Chile. Industrial Crops and Products 9: 39–45.

Bouitang, D., 1998. Régénération de quelques essences à potentiels énergétiques dans les savanes de Ngaoundéré (Adamaoua). Mémoire de Maîtrise, Université de Ngaoundéré, Ngaoundéré, Cameroun. 33 pp.

Bourdeix, R., Baudouin, L., Billotte, N., Labouise, J.P. & Noiret, J.M., 1997. Le Cocotier. In: Charrier, A., Jackot, M., Hamon, S. & Nicolas, D. (Editors). L'Amélioration des plantes tropicales. CIRAD & ORSTOM, Montpellier, France. pp. 217–239.

Bourobou-Bourobou, H., 1994. Biologie et domestication de quelques arbres fruitiers de la forêt du Gabon. Thèse Université Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, France. 340 pp.

Bradley, V.L., Guenthner, R.L., Johnson, R.C. & Hannan. R.M., 1999. Evaluation of safflower germplasm for ornamental use. In: J. Janick (Editor). Perspectives on new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria VA, United States. pp. 433–435.

Brenes, A., Jansman, A.J.M. & Marquardt, R.R., 2004. Recent progress on research on the effect of antinutritional factors in legume and oil seed in monogastric animals. In: Muzquiz, M., Hill, G.D., Cuadrado, C., Pedrosa, M.M. & Burbano, C. (Editors). Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and oilseeds. EAAP publication 110. Wageningen Academic Publishers, Netherlands. pp. 195–217.

Breure, C.J., 1987. Factors associated with the allocation of carbohydrates to bunch dry matter production in oil palm (Elaeis guineensis). PhD Thesis. Agricultural University Wageningen, Netherlands. 259 pp.

Brown, A.C., Koett, J., Johnson, D.W., Semaskvich, N.M., Holck, P., Lally, D., Cruz, L., Young, R., Higa, B. & Lo, S., 2005. Effectiveness of kukui nut oil as a topical treatment for psoriasis. International Journal of Dermatology 44(8): 684–687.

Bryce, J.M., 1967. The commercial timbers of Tanzania. Tanzania Forest Division, Utilisation Section, Moshi, Tanzania. 139 pp.

Bulcha Weyessa, Adugna Wakjira & Agajie Tesfaye, 2002. On-farm variety evaluation of noug and linseed varieties at Meta-Robi Woreda West Shewa Zone. In: Gemechu Keneni, Yohannes Gojjam, Kifilu Bedane, Chilot Yirga & Asgelil Dibabe (Editors). Proceedings of Client-Oriented Research Evaluation Workshop, 16–18 October 2001, Holetta Agricultural Research Center, Holetta, Ethiopia. pp. 220–229.

Burkill, H.M., 1985. The useful plants of West Tropical Africa. 2nd Edition. Volume 1, Families A–D. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom. 960 pp.

Burkill, H.M., 1994. The useful plants of West Tropical Africa. 2nd Edition. Volume 2, Families E–I. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom. 636 pp.

Burkill, H.M., 1995. The useful plants of West Tropical Africa. 2nd Edition. Volume 3, Families J–L. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom. 857 pp.

Burkill, H.M., 1997. The useful plants of West Tropical Africa. 2nd Edition. Volume 4, Families M–R. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom. 969 pp.

Burring, J.-H., 2006. Trichilia dregeana. [Internet] South African National Biodiversity Institute, Belville, South Africa. <http://www.plantzafrica.com/planttuv/trichildreg.htm>. Accessed September 2006.

Busson, F., 1965. Plantes alimentaires de l'ouest Africain: étude botanique, biologique et chimique. Leconte, Marseille, France. 568 pp.

California Rare Fruit Growers, 1997. Olive. [Internet] <http://www.crfg.org/pubs/ff/olive.html>. Accessed June 2006.

Caliman, J-P., Berthaud, A., Dubois, B. & Tailliez, B., 2005. Agronomy, sustainability and good agricultural practices. OCL - Oléagineux, Corps gras, Lipides 12: 134–140.

Canoira, L., Alcantara, R., Garcia-Martinez, M.J. & Carrasco, J., 2006. Biodiesel from jojoba oil wax: transesterification with methanol and properties as a fuel. Biomass and Bioenergy 30(1): 76–81.

Cardone, M., Mazzoncini, M., Menini, S., Rocco, V., Senatore, A., Seggiani, M. & Vitolo, A., 2003. Brassica carinata as an alternative oil crop for the production of biodiesel in Italy: agronomic evaluation, fuel production by transesterification and characterization. Biomass and Bioenergy 25: 623–636.

Carlson, K.D., Schneider, W.J., Chang, S.P. & Princen, L.H., 1981. Vernonia galamensis seed oil: a new source for epoxy coatings. In: Pryde, E.H., Princen. L.H. & Mukherjee, K.D. (Editors). New sources of fats and oils. AOCS Monograph 9. American Oil Chemists Society, Champaign Illinois, United States. pp. 297–318.

Carlson, K.D., Gardner, J.C., Anderson, V.L. & Hansel, J.J., 1996. Crambe: new crop success. In: Janick, J. (Editor). Progress in new crops. Proceedings of the third national symposium new crops - new opportunities, new technologies, Indianapolis, Indiana, October 22–25, 1996. ASHS Press, Alexandria, Virginia, United States. pp. 306–322.

Carsky, R.J., Berner, D.K., Oyewole, B.D., Dashiell, K. & Schulz, S., 2000. Reduction of Striga hermonthica parasitism on maize using soybean rotation. International Journal of Pest Management 46(2): 115–120.

Central Statistical Authority, 2001–2003. Estimates of area, production and yield of temporary crops for private peasants holdings for main seasons, 2001–2003. CSA, Addis Ababa, Ethiopia.

Chapotin, S.-M., Razanameharizaka, J.H. & Holbrook, N.M., 2006. Baobab trees (Adansonia) in Madagascar use stored water to flush new leaves but not to support stomatal opening before the rainy season. New Phytologist 169: 549–559.

CHCD, 1996. Dictionary of natural products on CD-ROM, release 4.2. Chapman & Hall, London, United Kingdom.

Chen, S.R., 1982. The origin and differentiation of mustard varieties in China. Cruciferae Newsletter 7: 7–10.

Chen, J.-M. & Thompson, L.U., 2003. Lignans and tamoxifen, alone or in combination, reduce human breast cancer cell adhesion, invasion and migration in vitro. Breast Cancer Research and Treatment 80: 163–170.

Chen, Y.-C., Zlatkis, A., Middleditch, B.S., Cowles, J. & Scheld, W., 1987. Lipids of contemporary stillingia oil. Chromatographia 23(4): 240–242.

Chen, B.Y., Cheng, B.F., Liu, H.L. & Fu, T.D., 1997. The Chinese mustard (Brassica juncea) resources. Cruciferae Newsletter 19: 7–8.

Chen-Fei, 1998. Study on the selection of 69 asexual tung tree families by canonical correlation analysis. Forest Research 11: 518–522.

Cheyns, E. & Raffleau, S., 2005. Family agriculture and the sustainable development issue: possible approaches from the African oil palm sector. The example of Ivory Coast and Cameroon. OCL - Oléagineux, Corps gras, Lipides 12: 111–120.

Child, R., 1974. Coconuts. 2nd edition. Longmans, London, United Kingdom. 335 pp.

Choinski, J.S. jr., 1990. Aspects of viability and post-germinative growth in seeds of the tropical tree, Trichilia dregeana Sonder. Annals of Botany 66: 437–442.

Chudnoff, M., 1980. Tropical timbers of the world. USDA Forest Service, Agricultural Handbook No 607, Washington D.C., United States. 826 pp.

CIRAD Forestry Department, 2003. Angueuk. [Internet] Tropix 5.0. <http://agritrop.cirad.fr>. Accessed September 2005.

Clavel, D., 2002. Biotechnologies et arachide. Oléagineux, Corps Gras, Lipides 9(4): 206–211.

Clavel, D. & Gautreau, J., 1997. L'arachide. In: Charrier, A., Jacquot, M., Hamon, S. & Nicolas, D. (Editors). L'amélioration des plantes tropicales. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD) & Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM), Montpellier, France. pp. 61–82.

Coates Palgrave, K., 1983. Trees of southern Africa. 2nd Edition. Struik Publishers, Cape Town, South Africa. 959 pp.

Corley, R.H.V. & Tinker, P.B., 2003. The oil palm, 4th edition. Blackwell Science, Oxford, United Kingdom. 562 pp.

Corley, R.H.V., Hardon, J.J. & Wood, B.J. (Editors), 1976. Oil palm research. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, Netherlands. 532 pp.

Cother, E.J., Noble, D., Peters, B.J., Albiston, A. & Ash, G.J., 2004. A new bacterial disease of jojoba (Simmondsia chinensis) caused by Burkholderia andropogonis. Plant Pathology 53(2): 129–135.

Cowley, W.R., 1970. Quality of Brassica carinata as a green leaf vegetable. Journal of the American Society for Horticultural Science 95(1): 3–5.

CSIR, 1959. The wealth of India. A dictionary of Indian raw materials and industrial products. Raw materials. Volume 5: H–K. Council of Scientific and Industrial Research, New Delhi, India. 332 pp.

CTFT (Centre Technique Forestier Tropical), 1961. Monographie de l'Ilomba, Pycnanthus angolensis (Welw.) Warb. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent Sur Marne, France. 98 pp.

CTFT (Centre Technique Forestier Tropical), 1975. Ilomba. Bois et Forêts des Tropiques 159: 39–54.
CTFT (Centre Technique Forestier Tropical), undated. Résultats des observations et des essais effectués au CTFT sur angueuk - Ongokea gore. Information technique 140. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent sur Marne, France. 5 pp.
Cui, S.W., 2001. Polysaccharide gums from agricultural products: Processing, structures & functionality. Technomic Publishing, Lancaster, United States. 269 pp.
Cullis, C.A., 2005. Mechanisms and control of rapid genomic changes in flax. Annals of Botany 95: 201–206.
Dagne, K., 2001. Cytogenetics of new Guizotia Cass. (Compositae) interspecific hybrids pertaining to genomic and phylogenetic affinities. Plant Systematics and Evolution 230: 1–11.
Dagne, K. & Jonsson, A., 1997. Oil content and fatty acid composition of seeds of Guizotia Cass. (Compositae). Journal of the Science of Food and Agriculture 73: 274–278.
Dalziel, J.M., 1937. The useful plants of West Tropical Africa. Crown Agents for Overseas Governments and Administrations, London, United Kingdom. 612 pp.
Dashiell, K.E. & Akem, C.N., 1991. Yield losses in soybeans from frogeye leaf spot caused by Cercospora sojina. Crop Protection 10(6): 465–468.
Dashiell, K. & Fatokun, C., 1997. Soyabean. In: Fuccillo, D., Sears, L. & Stapleton, P. (Editors). Biodiversity in trust: conservation and use of plant genetic resources in CGIAR Centres. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. pp. 181–190.
de Beij, I., 1986. Femme et karité. Importance du karité pour les femmes dans un village Gourounsi au Burkina Faso. Serie Femmes et Dèveloppement. Leiden University, Leiden, Netherlands. 152 pp.
De Borger, R., 1960. Notes sur la valeur nutritive des amandes d'Ongokea gore et de Parinari pumila. Revue des Fermentations et des Industries Alimentaires 15: 167–170.
de Koning, J., 1983. La forêt de Banco. Part 2: La Flore. Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen 83–1. Wageningen. Netherlands. 921 pp.
de la Mensbruge, G., 1966. La germination et les plantules des essences arborées de la forêt dense humide de la Côte d'Ivoire. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France. 389 pp.
de Saint Sauveur, A., 2001. Moringa exploitation in the world: state of knowledge and challenges. [Internet] Paper presented at the conference Development potential of Moringa products, held 29 October–2 November 2001 in Dar es Salaam, Tanzania. <www.moringanews.org/actes/saintsauveur_en.doc>. Accessed October 2006.
De Vries, E., 1956. L'huile de boléko. Direction de l'Agriculture, des Forêts et de l'Elevage, Brussels, Belgium. 166 pp.
De Vries, E., 1957. L'huile de boléko. Oléagineux 12(7): 427–431.
de Waele, D. & Swanevelder, C.J., 2001. Groundnut. In: Raemaekers, R.H. (Editor). Crop production in tropical Africa. DGIC (Directorate General for International Co-operation), Ministry of Foreign Affairs, External Trade and International Co-operation, Brussels, Belgium. pp. 747–763.
de Wilde, J.J.F.E., 1986. A revision of the species of Trichilia P. Browne (Meliaceae) on the African continent. Mededelingen van de Landbouwhogeschool Wageningen 68–2. Wageningen, Netherlands. 207 pp.
Decary, R., 1946. Plantes et animaux utiles de Madagascar. Annales du Musée Colonial de Marseille, 54e année, 6e série, 4e volume, 1er et dernier fascicule. 234 pp.
del Río, M., de Haro, A. & Fernández-Martínez, J.M., 2003. Transgressive segregation of erucic acid content in Brassica carinata A. Braun. Theoretical and Applied Genetics 107: 643–651.
Delaveau, P. & Boiteau, P., 1980. Huiles a intérêt pharmacologique, cosmétologique et diététique: IV - Huiles de Moringa oleifera Lam. et de Moringa drouhardii Jumelle. Plantes médicinales et Phytothérapie 14: 29–33.
Di Giovacchino, L., 1997. From olive harvesting to virgin olive oil production. OCL Oléagineux, Corps Gras, Lipides 4(5): 359–362.
Di Vincenzo, D., Maranz, S., Serraioco, A., Vito, R., Wiesman. Z. & Bianchi, G., 2005. Regional variation in shea butter lipid and triterpene composition in four African countries. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53: 7473–7479.
Dierig, D.A. & Thompson, A.E., 1993. Vernonia and Lesquerella potential for commercialization. In: Janick, J. & Simon, J.E. (Editors). New Crops. Wiley, New York, United States. pp. 362–367.

Dounias, E., 1995. Du jardin au recrû forestier: agroforêts, cueillette et chasse chez les Mvae du sud Cameroun littoral forestier. In: Duguma, B. & Mallet, B. (Editors). Proceedings of the Regional Symposium on Agroforestry Research and Development in the Humid Lowlands of West and Central Africa, held at Yaoundé, Cameroon, 4–7 December 1995. CIRAD, Montpellier, France. pp. 381–389.

Dransfield, J. & Beentje, H.J., 1995. The palms of Madagascar. Royal Botanic Gardens, Kew and The International Palm Society, United Kingdom. 475 pp.

Du Puy, B., 1996. Faunal interactions with genus Adansonia in the Kirindy Forest. In: Ganzhorn, J.U., & Sorg, J.-P. (Editors). Ecology and Economy of a Tropical Dry Forest in Madagascar. Primate Report. Special Issue 46: 329–334.

Dudu, P.O., Okiwelu, S.N. & Lale, N.E.S., 1998. Oviposition of Oryzaephilus mercator (Fauvel) (Coleoptera: Silvanidae) on Arachis hypogaea (L.) (Papilionaceae), Citrullus lanatus (Thunb.) (Cucurbitaceae) and Irvingia gabonensis var. excelsa (Baillon) (Irvingiaceae). Journal of Stored Products Research 34(1): 37–44.

Duguma, B., Tonye, J. & Depommier, D., 1990. Diagnostic survey on local multipurpose trees, shrubs, fallows systems and livestock in south Cameroon. ICRAF Working paper 60. ICRAF, Nairobi, Kenya. 34 pp.

Duke, J.A., 1983a. Aleurites montana (Lour.) Wils. In: Duke, J.A. (Editor). Handbook of energy crops. [Internet] <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Aleurites_montana.html>. Accessed January 2007.

Duke, J.A., 1983b. Brassica juncea (L.) Czern. In: Duke, J.A. (Editor). Handbook of energy crops. [Internet] <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Brassica_juncea.html>. Accessed February 2004.

Duke, J.A., 1983c. Simmondsia chinensis (Link) C. Schneid. In: Duke, J.A. (Editor). Handbook of energy crops. [Internet] <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Simmondsia_chinensis.html>. Accessed February 2006.

Duke, J.A., 2001. Handbook of nuts. CRC Press, Boca Raton FL, United States. 343 pp.

Dumaine, F., Dufour, D., Mestres, C., Méot, J.M., Bada, C. & Hounhouigan, D.J., 2002. Effect of yam (Dioscorea cayenensis-rotundata) post-harvest treatments on yam chips quality. In: Nakatani, M. & Komaki, K. (Editors). Potential of root crops for food and industrial resources. Proceedings of the 12th Symposium of the International Society of Root Crops, September 10–16, Tsukuba, Japan. Cultio Corporation, Tsukuba, Japan. 609 pp.

Dwivedi, S.L., Crouch, J.H., Nigam, S.N., Ferguson, M.E. & Paterson, A.H., 2003. Molecular breeding of groundnut for enhanced productivity and food security in the semi-arid tropics: opportunities and challenges. Advances in Agronomy 80: 153–221.

Eckey, E.W., 1954. Vegetable fats and oils. Reinhold Publishing, New York, United States. 835 pp.

Edwards, S.B., 1991. Crops with wild relatives found in Ethiopia. In: Engels, J.M.M., Hawkes, J.G. & Melaku-Worede (Editors). Plant Genetic Resources of Ethiopia. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. pp. 42–74.

Ejiofor, M.A.N., Onwubuke, S.N. & Okafor, J.C., 1987. Developing improved methods of processing and utilization of the kernels of Irvingia gabonensis (var. gabonensis and var. excelsa). International Tree Crops Journal 4: 283–290.

Elevitch, C.R. & Manner, H.I., 2006. Aleurites moluccana (kukui). Version 2.1. [Internet] In: Elevitch, C.R. (Editor). Species profiles for Pacific Island agroforestry. Permanent Agriculture Resources, Holualoa, HI, United States. <www.agroforestry.net/tti/Aleurites-kukui.pdf>. Accessed January 2006.

Elgorashi, E.E., Taylor, J.L.S., Maes, A., de Kimpe, N., van Staden, J. & Verschaeve, L., 2002. The use of plants in traditional medicine: potential genotoxic risks. South African Journal of Botany 68(3): 408–410.

Elinge, M. & Ndayishimiye, J., 2003. A study of the relationship between size of tree and density of fruits, and the influence of light on fruit density of Allanblackia stuhlmannii (Engl.) in Amani Nature Reserve, Tanzania. Tropical Biology Association, Cambridge, United Kingdom. 9 pp.

Ellis, M.B. & Holliday, P., 1970. Alternaria ricini. IMI Descriptions of Fungi and Bacteria 25: sheet 249.

Emebiri, L.C. & Anyim, C., 1997. Intraspecific variation in morphological traits of the oil bean tree, Pentaclethra macrophylla. [Internet] Plant Genetic Resources Newsletter 112.

<http://www.bioversityinternational.org/publications/pgrnewsletter/nl112.htm>. Accessed January 2006.

Emebiri, L.C., Nwufo, M.I. & Obiefuna, J.C., 1995. Pentaclethra macrophylla: population characteristics, distribution and conservation status in Nigeria. International Tree Crops Journal 8: 69–82.

Endres, G. & Schatz, B., 1993. Crambe production. Bulletin A–1010, revised. NDSU Extension Service. North Dakota State University, Fargo, North Dakota, United States. 8 pp.

Enujiugha, V.N., 2003. Nutrient changes during the fermentation of African oil bean (Pentaclethra macrophylla Benth.) seeds. Pakistan Journal of Nutrition 2(5): 320–323.

Enujiugha, V.N. & Akanbi, C.T., 2005. Compositional changes in African oil bean (Pentaclethra macrophylla Benth.) seeds during thermal processing. Pakistan Journal of Nutrition 4(1): 27–31.

Erickson, D.E. & Bassin, P., 1990. Rapeseed & crambe. Alternative crops with potential industrial uses. Bulletin 656. Agricultural Experiment Station, Kansas State University, Manhattan, Kansas, United States. 33 pp.

Eromosele, I.C. & Eromosele, C.O., 1993. Studies on the chemical composition and physico-chemical properties of seeds of some wild plants. Plant Foods for Human Nutrition 43: 251–258.

Eromosele, C.O. & Paschal, N.H., 2003. Characterization and viscosity parameters of seed oils from wild plants. Bioresource Technology 86: 203–205.

Eromosele, I.C., Eromosele, C.O., Akintaye, A.O. & Komelafe, T.O., 1994. Characterization of oils and chemical analysis of the seeds of wild plants. Plant Foods for Human Nutrition 46: 361–365.

Esser, H.J., 1999. A partial revision of the Hippomaneae (Euphorbiaceae) in Malesia. Blumea 44: 149–213.

Esser, H.J., 2002. A revision of Triadica Lour. (Euphorbiaceae). Harvard Papers in Botany 7(1): 17–21.

Eyog Matig, O., Ndoye, O., Kengue, J. & Awono, A. (Editeurs), 2006. Les fruitiers forestiers comestibles du Cameroun. IPGRI Regional Office for West and Central Africa, Cotonou, Benin. 204 pp.

Fabri, A. & Benelli, C., 2000. Flower bud induction and differentiation in olive. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 75: 131–141.

Fagbayide, J.A., 1995. Growth and yield responses of sunflower to applied phosphorus in a humid tropical environment. PhD thesis, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria. 215 pp.

Fahn, A., Werker, E. & Baas, P., 1986. Wood anatomy and identification of trees and shrubs from Israel and adjacent regions. The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem, Israel.

Falconer, J. & Arnold, J.E.M., 1996. Forest, trees and household food security. FAO, Rome, Italy. 30 pp.

Fangrui, M. & Milford, A.H., 1999. Biodiesel production: a review. Bioresource Technology 70: 1–15.

FAO, 1983. Food and fruit-bearing forest species. 1: Examples from Eastern Africa. FAO Forestry Paper 44/1. FAO, Rome Italy. 172 pp.

FAO, 1988. Traditional food plants: a resource book for promoting the exploitation and consumption of food plants in arid, semi-arid and sub-humid lands of Eastern Africa. FAO food and nutrition paper 42. FAO, Rome, Italy. 593 pp.

FAO, 1998. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. FAO, Rome, Italy. 510 pp.

FAO, 2005. FAOSTAT Agriculture Data. [Internet] <http://faostat.fao.org/faostat/>. Accessed July 2005.

Fauve, M., 1944. Postwar drying oils in the paint and varnish industry. Peintures, Pigments, Vernis 20: 43–47.

Fedeniuk. R.W. & Biliaderis, C.B., 1994. Composition and physicochemical properties of linseed (Linum usitatissimum L.) mucilage. Journal of Agricultural and Food Chemistry 42: 240–247.

Fernández-Martinéz, M., del Rio, M. & de Haro, A., 1993. Survey of safflower (Carthamus tinctorius L.) germplasm for variants in fatty acid composition and other seed characters. Euphytica 69: 115–122.

Fick, G.N., 1989. Sunflower. In: Röbbelen, G., Downey, R.K. & Ashri, A. (Editors). Oil crops of the world. McGraw-Hill Publishing, New York, United States. pp. 301–318.

Firestone, D., 1999. Physical and chemical characteristics of oils, fats, and waxes. AOCS Press, Champaign, United States. 152 pp.

Floridata, 2002. Brassica juncea. [Internet] <http://www.floridata.com/ref/B/bras_jun.cfm>. Accessed February 2004.

Flynn, S., Turner, R.M. & Dickie, J.B., 2004. Seed Information Database. Release 6.0, October 2004. [Internet] <http://www.rbgkew.org.uk/data/sid>. Accessed October 2005.

Folefoc, G.N., Bisseck, J.P., Fomum, Z.T. & Bodo, B., 2005. Constituents from the roots of Pentaclethra macrophylla. Biochemical Systematics and Ecology 33: 1280–1282.

Fondoun, J.M., Tiki Manga, T. & Kengue, J., 1999. Ricinodendron heudelotii (Djanssang): ethnobotany and importance for forest dwellers in southern Cameroon. Plant Genetic Resources Newsletter 118: 1–6.

Forest Product Laboratory, 1999. Wood handbook - Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. USDA, Forest Division, Madison WI, United States. 463 pp. [Internet] <http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr113/fplgtr113.htm>. Accessed January 2006.

Foster, L.J., 1962. Recent technical advances in the cultivation of the tung oil tree, Aleurites montana, in Nyasaland. Tropical Agriculture 39: 169–187.

Foster, M., Jahan, N. & Smith, P., 2005. Emerging animal and plant industries - their value to Australia. Publication 05/154, Rural Industries Research and Development Corporation, Canberra, Australia. 96 pp.

Francis, G., Edinger, R. & Becker, K., 2005. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: need, potential and perspectives of Jatropha plantations. Natural Resources Forum 29: 12–24.

Francois, L.E. & Kleiman, R., 1990. Salinity effects on vegetative growth, seed yield, and fatty acid composition of crambe. Agronomy Journal 82: 1110–1114.

Franzel, S., Jaenicke, H. & Janssen, W., 1996. Choosing the right trees: setting priorities for multipurpose tree improvement. ISNAR Research Report 8. 87 pp.

Fuller, R.W., Blunt, J.W., Boswell, J.L., Cardellina, J.H. & Boyd, M.R., 1999. Guttiferone F, the first prenylated benzophenone from Allanblackia stuhlmannii. Journal of Natural Products 62: 130–132.

Fupi, V.W.K., 1982. Mafura nut oil and meal: processing and purification. Journal of the American Oil Chemists' Society 59: 94–98.

Gamene, S., 1997. The project on handling and storage of recalcitrant and intermediate tropical forest tree seeds. Plant Genetic Resources Newsletter 3: 9.

Garcia, J., Massoma, T., Morin, C., Mpondo, T.N. & Nyasse, B., 1993. 4'-O-Methylgallocatechin from Panda oleosa. Phytochemistry 32(6): 1626–1628.

Garnatje, T., Garcia, S., Vilatersana, R. & Vallès, J., 2006. Genome size variation in the genus Carthamus (Asteraceae, Cardueae): Systematic implications and additive changes during allopolidization. Annals of Botany 97: 461–467.

Garrido Fernandez, A., Fernandez Diez, M.J. & Adams, M.R., 1997. Table olives, production and processing. Chapman & Hall, London, United Kingdom. 495 pp.

Gascon, J.P., Noiret, J.M. & Meunier, J., 1989. Oil palm. In: Röbbelen, G., Downey, R.K. & Ashri, A. (Editors). Oil Crops of the World. McGraw-Hill Publishing, New York, United States. pp. 475–493.

Gaydou, E.M. & Ramanoelina, A.R.P., 1983. Etude de la composition en acides gras des huiles extraites de graines provenant de quelques plantes de Madagascar. Revue Française des Corps Gras 30(1): 21–25.

Gaydou, A.M., Menet, L., Ravelojaona, G. & Geneste, P., 1982. Ressources énergétiques d'origine végétale à Madagascar: alcool éthylique et huiles de graines oléagineuses. Oléagineux 37: 135–141.

Geleta, M., Asfaw, Z., Bekele, E. & Teshome, A., 2002. Edible oil crops and their integration with major cereals in North Shewa and South Welo, Central Highlands of Ethiopia: an ethnobotanical perspective. Hereditas 137: 29–40.

Gelfand, M., Mavi, S., Drummond, R.B. & Ndemera, B., 1985. The traditional medical practitioner in Zimbabwe: his principles of practice and pharmacopoeia. Mambo Press, Gweru, Zimbabwe. 411 pp.

Germanò, M.P., D'Angelo, V., Sanogo, R., Morabito, A., Pergolizzi, S. & De Pasquale, R., 2001. Hepatoprotective activity of Trichilia roka on carbon tetrachloride-induced liver damage in rats. Journal of Pharmacy and Pharmacology 53(11): 1569–1574.

Germanò, M.P., D'Angelo, V., Sanogo, R., Catania, S., Alma, R., De Pasquale, R. & Bisignano, G., 2005. Hepatoprotective and antibacterial effects of extracts from Trichilia emetica Vahl. (Meliaceae). Journal of Ethnopharmacology 96: 227–232.

Germanò, M.P., D'Angelo, V., Biasini, T., Sanogo, R., De Pasquale, R. & Catania, S., 2006. Evaluation of the antioxidant properties and bioavailability of free and bound phenolic acids from Trichilia emetica Vahl. Journal of Ethnopharmacology 105(3): 368–373.

Getinet, A. & Sharma, S.M., 1996. Niger: Guizotia abyssinica (L.f.) Cass. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 5. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, Germany & Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 50 pp.

Getinet Alemaw & Adefris Teklewold, 1992. Noug breeding in Ethiopia. In: Oilseeds Research and development in Ethiopia. Proceedings of the First National Workshop, 3–5 December, 1991, IAR, Addis Ababa, Ethiopia. pp. 41–50.

Getinet, A., Rakow, G. & Downey, R.K., 1996. Agronomic performance and seed quality of Ethiopian mustard in Saskatchewan. Canadian Journal of Plant Science 76: 387–392.

Getinet, A., Rakow, G., Raney, J.P. & Downey, R.K., 1997a. Glucosinolate content in interspecific crosses of Brassica carinata with B. juncea and B. napus. Plant Breeding 116: 39–46.

Getinet, A., Rakow, G., Raney, J.P. & Downey, R.K., 1997b. The inheritance of erucic acid content in Ethiopian mustard. Canadian Journal of Plant Science 77: 33–41.

Ghogomu Tih, R., Ewola Tih, A., Sondengam, B.L., Martin, M.T. & Abodo, B., 1994. Structures of lophirones I and J, minor cleaved chalcones dimers of Lophira lanceolata. Journal of Natural Products 54(1): 142–145.

Giami, S.Y., Okonkwo, V.L. & Akusu, M.O., 1994. Chemical composition and functional properties of raw, heat-treated and partially proteolysed wild mango (Irvingia gabonensis) seed flour. Food Chemistry 49: 237–243.

Gilbert, G., 1958. Irvingiaceae. In: Robyns, W., Staner, P., Demaret, F., Germain, R., Gilbert, G., Hauman, L., Homès, M., Jurion, F., Lebrun, J., Vanden Abeele, M. & Boutique, R. (Editors). Flore du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Spermatophytes. Volume 7. Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo belge, Brussels, Belgium. pp. 109–118.

Gilbert, G. & Boutique, R., 1952. Mimosaceae. In: Robyns, W., Staner, P., Demaret, F., Germain, R., Gilbert, G., Hauman, L., Homès, M., Jurion, F., Lebrun, J., Vanden Abeele, M. & Boutique, R. (Editors). Flore du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Spermatophytes. Volume 3. Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo belge, Brussels, Belgium. pp. 137–233.

Gilbert, M.G., 1986. Notes on the East African Vernonieae (Compositae), 4. A revision of the Vernonia galamensis complex. Kew Bulletin 41(1): 19–35.

Gilbert, M.G., 1995. Euphorbiaceae. In: Edwards, S., Mesfin Tadesse & Hedberg, I. (Editors). Flora of Ethiopia and Eritrea. Volume 2, part 2. Canellaceae to Euphorbiaceae. The National Herbarium, Addis Ababa University, Addis Ababa, Ethiopia and Department of Systematic Botany, Uppsala University, Uppsala, Sweden. pp. 265–380.

Gildemacher, P., 1997. Ethiopian mustard (Brassica carinata A. Br.) as a leafy vegetable in Tanzania: farmers practices and possible improvements. Student report Wageningen University/AVRDC-Tengeru. Wageningen University, Wageningen, Netherlands.

Giller, K.E., 2001. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. 2nd Edition. CAB International, Wallingford, United Kingdom. 423 pp.

Gillett, J.B., Polhill, R.M., Verdcourt, B., Schubert, B.G., Milne-Redhead, E., & Brummitt, R.K., 1971. Leguminosae (Parts 3–4), subfamily Papilionoideae (1–2). In: Milne-Redhead, E. & Polhill, R.M. (Editors). Flora of Tropical East Africa. Crown Agents for Oversea Governments and Administrations, London, United Kingdom. 1108 pp.

Gilliland, H.B., 1952. The vegetation of eastern British Somaliland. Journal of Ecology 40(1): 91–124.

Gladis, T. & Hammer, K., 1992. Die Gaterslebener Brassica Kollektion: Brassica juncea, B. napus, B. nigra und B. rapa. Feddes Repertorium 103: 469–507.

Godin, V.J. & Spensley, P.C., 1971. Oils and oilseeds. Tropical Product Digest 1. Tropical Products Institute, London, United Kingdom. 170 pp.

Gómez-Campo, C. (Editor), 1999. Biology of Brassica coenospecies. Elsevier, Amsterdam, Netherlands. 489 pp.

Goodchild, A.J.P., 1967. Shield bug (Piezosternum calidum Fab.) infestation of oyster nut. East African Agricultural and Forestry Journal 33: 192–196.

Govaerts, R., Frodin, D.G. & Radcliffe-Smith, A., 2000. World checklist and bibliography of Euphorbiaceae (with Pandaceae). Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom. 1620 pp.

Grace, O.M., Prendergast, H.D.V., Jäger, A.K. & van Staden, J., 2002. Bark medicines in traditional healthcare in KwaZulu-Natal, South Africa: an inventory. South African Journal of Botany 69(3): 301–363.

Graille, J. & Pina, M., 1999. L'huile de palme: sa place dans l'alimentation humaine. Plantations, recherche, développement 4: 85–93.

Graz, F.P., 2002. Description and ecology of Schinziophyton rautanenii (Schinz) Radcl.-Sm. in Namibia. Dinteria 27: 19–35.

Green, P.S., 2002. A revision of Olea L. (Oleaceae). Kew Bulletin 57: 91–140.

Griesbach, J., 1992. A guide to propagation and cultivation of fruit-trees in Kenya. GTZ, Eschborn, Germany. 180 pp.

Grimm, C., 1999. Evaluation of damage to physic nut (Jatropha curcas) by true bugs. Entomologia Experimentalis et Applicata 92: 127–136.

Grougnet, R., Magiatis, P., Mitaku, S., Terzis, A., Tillequin, F. & Skaltsounis, A.-L., 2006. New lignans from the perisperm of Sesamum indicum. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54(20): 7570–7574.

Grundy, I.M. & Campbell, B.M., 1993. Potential production and utilisation of oil from Trichilia spp. (Meliaceae). Economic Botany 47(2): 148–153.

Gübitz, G.M., Mittelbach, M. & Trabi, M., 1999. Exploitation of the tropical oil seed plant Jatropha curcas L. Bioresource Technology 67: 73–82.

Guéneau, P., Bedel, J. & Thiel, J., 1970–1975. Bois et essences malgaches. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France.

Gunstone, F.D., Harwood, J.L. & Padley, F.B., 1986. The lipid handbook. Chapman and Hall, London, United Kingdom. 571 pp + dictionary section 314 pp.

Haas, W. & Mittelbach, M., 2000. Detoxification experiments with the seed oil from Jatropha curcas L. Industrial Crops and Products 12: 111–118.

Haas, A. & Wilson, L. (Editors). 1985. Coconut wood: processing and use. FAO, Rome, Italy. 58 pp.

Hadad, M.E.A. & Mansur, M., 1992. Plasma nutfah kemiri di Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat [Candlenut-tree germplasm at the Research Institute for Spice and Medicinal Crops]. Proceedings of the National Seminar on Research and Development of Multi-purpose Trees, Cisarua, Bogor, Indonesia. 16–17 June 1992. pp. 249–254.

Hall, J.B., Aebischer, D.P., Tomlinson, H.F., Osei-Amaning, E. & Hindle, J.R., 1996. Vitellaria paradoxa: a monograph. University of Wales, Bangor, United Kingdom. 105 pp.

Hamilton, A.C. & Bensted-Smith, R. (Editors), 1989. Forest conservation in the East Usambara Mountains Tanzania. IUCN, Gland, Switzerland. 392 pp.

Hanelt, P., 1961. Zur Kenntnis von Carthamus tinctorius L. Die Kulturpflanze 9: 114–145.

Hanelt, P., 1963. Monographische Uebersicht der Gattung Carthamus. L. Feddes Repertorium 67: 41–180.

Hanelt, P. & Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (Editors), 2001. Mansfeld's encyclopedia of agricultural and horticultural crops (except ornamentals). 1st English edition. Springer Verlag, Berlin, Germany. 3645 pp.

Hardon, J.J., Rajanaidu, N. & van der Vossen, H.A.M., 2001. Elaeis guineensis Jacq. In: van der Vossen, H.A.M. & Umali, B.E. (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 14. Vegetable oils and fats. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 85–93.

Hardon, J.J., Rao, V. & Rajanaidu, N., 1985. A review of oil-palm breeding. In: Russell, G.E. (Editor). Progress in plant breeding 1. Butterworths, London, United Kingdom. pp. 139–163.

Harries, H.C., 1995. Coconut (Cocos nucifera). In: Smartt, J. & Simmonds, N.W. (Editors): Evolution of crop plants. Longman, Scientific & Technical, Harlow, United Kingdom. pp. 389–394.

Harris, D.J., 1993. A taxonomic revision and an ethnobotanical survey of the Irvingiaceae in Africa. PhD thesis, Linacre College, University of Oxford, Oxford, United Kingdom. 276 pp.

Harris, D.J., 1996. A revision of the Irvingiaceae in Africa. Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique 65: 143–196.

Harris, D.J., 1999. Part 1. Irvingiaceae. In: Orchard, A.E. (Editor). Species plantarum. Flora of the World. Australian Biological Resources Study, Canberra, Australia. 25 pp.

Harrison, N. & Jones, Ph., 2003. Diseases of coconut. In: Ploetz, R.C. (Editor). Diseases of tropical fruit crops. CABI Publishing, Wallingford, United Kingdom. pp. 197–225.

Hartley, C.W.S., 1988. The oil palm, 3rd edition. Longman Scientific & Technical, Harlow, United Kingdom. 761 pp.

Hawthorne, W.D., 1995. Ecological profiles of Ghanaian forest trees. Tropical Forestry Papers 29. Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford, United Kingdom. 345 pp.

Hawthorne, W.D. & Parren, M.P.E., 2000. How important are forest elephants to the survival of woody plant species in Upper Guinea forests? Journal of Tropical Ecology 16: 133–150.

Hayati, A., Wickneswari, R., Maizura, I. & Rajanaidu, N., 2004. Genetic diversity of oil palm (Elaeis guineensis Jacq.) germplasm collections from Africa: implications for improvement and conservation of genetic resources. Theoretical and Applied Genetics 108(7): 1274–1284.

Heckel, E., 1902. Les graines grasses nouvelles ou peu connues des colonies françaises. Challamel, Paris, France. 185 pp.

Heim, F., Garrigue, E. & Husson, M., 1919. Un nouvel oléagineux de Madagascar: 'le Betratra' Jatropha mahafalensis Jum. (Euphorb.). Bulletin de l'Agence Générale des Colonies 12: 679–691.

Heine, H., 1963. Sapotaceae. In: Hepper, F.N. (Editor). Flora of West Tropical Africa. Volume 2. 2nd Edition. Crown Agents for Oversea Governments and Administrations, London, United Kingdom. pp. 16–30.

Heine, B. & Legère, K., 1995. Swahili plants: an ethnobotanical survey. Rüdiger Köppe Verlag, Köln, Germany. 376 pp.

Heller, J., 1996. Physic nut - Jatropha curcas L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 1. IPGRI, Rome, Italy. 66 pp.

Hemmingway, J.S., 1995. Mustards. In: Smartt, J. and Simmonds, N.W. (Editors). Evolution of crop plants. 2nd Edition. Longman Scientific and Technical, Harlow, United Kingdom. pp. 82–86.

Hemsley, J.H., 1968. Sapotaceae. In: Milne-Redhead, E. & Polhill, R.M. (Editors). Flora of Tropical East Africa. Crown Agents for Oversea Governments and Administrations, London, United Kingdom. 79 pp.

Hendrickx, H., 2006. Project Novella: A pro-profit public-private partnership in a framework of environmental and social benefits. [Internet] Unilever, Vlaardingen, Netherlands. 24 pp. <http://www.iucn.nl/nederlands/leden/partners/werkgroepen/bossen/documenten/061004%20Unilever%20presentation.pdf>. Accessed March 2007.

Henning, R.K., 2001a. The Jatropha booklet: a guide to the Jatropha system and its dissemination in Africa. Bagani, Weissensberg, Germany. 36 pp.

Henning, R.K., 2001b. The Jatropha system, website concerning all aspects of the use of Jatropha curcas L. [Internet] <http://www.jatropha.de/>. Accessed January 2007.

Henry, A.J. & Grindley, D.N., 1943. Investigation of the oil of the seeds of Cephalocroton cordofanus. Journal of the Society of Chemical Industry 62: 60.

Hess, H.E., Landolt, E. & Hirzel, R., 1972. Flora der Schweiz und angrenzender Gebiete. Band 3: Plumbaginaceae bis Compositae. Birkhäuser Verlag, Basel, Switzerland. 876 pp.

Hilditch, T.P., Meara, M.L. & Patel, C.B., 1951. The component acids and glycerides of Pentaclethra (Leguminosae) and Lophira (Ochnaceae) seed fats. Journal of the Science of Food and Agriculture 2(3): 142–148.

Hill, J., 1965. Aleurites montana: the relative value of some Malawi selections. Tropical Agriculture 42: 311–321.

Hill, J., 1966. Close planting in montana tung. Tropical Agriculture 42: 11–18.

Hill, J. & Spurling, A.T., 1966. A note on the classification of montana tung (Aleurites montana). Tropical Agriculture 42: 19–24.

Hines, D.A. & Eckman, K., 1993. Indigenous multipurpose trees of Tanzania: Uses and economic benefits for people. [Internet] Cultural Survival Canada, Ottawa, Canada. <http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/X5327e/x5327e06.htm>. Accessed January 2006.

Hiremath, S.C. & Patil, C.G., 1999. Genome homology and the putative progenitor of sesame. Journal of Cytology and Genetics 34: 69–74.

Hochreutiner, B.P.G. & Perrier de la Bâthie, H., 1955. Bombacacées (Bombacaceae). Flore de Madagascar et des Comores (plantes vasculaires), familles 129–130. Firmin-Didot et cie., Paris, France. 21 pp.

Hoet, S., Opperdoes, F., Brun, R., Adjakidjé, V. & Quetin-Leclercq, J., 2004. In vitro antitrypanosomal activity of ethnopharmacologically selected Beninese plants. Journal of Ethnopharmacology 91: 37–42.

Hogan, L. & Bemis, W.P., 1984. Buffalo gourd and jojoba: new arid crops. Advances in Agronomy 36: 321–349.

Holland, B., Unwin, I.D. & Buss, D.H., 1991. Vegetables, herbs and spices. The fifth supplement to McCance & Widdowson's The Composition of Foods. 4th Edition. Royal Society of Chemistry, Cambridge, United Kingdom. 163 pp.

Houngbédji, A., 1997. Etude phytotechnique, écologique et des technologies endogènes de transformations du Pentadesma butyracea, espèce des galeries forestières de la région de Bassila. Mémoire du DEAT, LTMA, Sékou, Bénin. 59 pp.

Howes, F.N., 1950. The Chinese tallow tree (Sapium sebiferum Roxb.): a source of drying oil. Kew Bulletin 1949: 573–580.

Hume, D.J., Shanmugasundaram, S. & Beversdorf, W.D., 1985. Soybean (Glycine max (L.) Merrill). In: Summerfield, R.J. & Roberts, E.H. (Editors). Grain legume crops. Collins, London, United Kingdom. pp. 391–432.

Hymowitz, T., 1995. Soybean. In: Smartt, J. & Simmonds, N.W. (Editors). Evolution of crop plants. 2nd Edition. Longman, London, United Kingdom. pp. 261–266.

Ibrahim, S.S., Ismail, M., Samuel, G., Kamel, E. & El Azhari, T., 1974. Benseeds: a potential oil source. Egyptian Journal of Agricultural Research 52(9): 47–50.

ILDIS, 2005. World database of Legumes, Version 9,00. International Legume Database & Information Service. [Internet] <http://biodiversity.soton.ac.uk/LegumeWeb>. Accessed June 2005.

IMF, 2005. IMF Country Report 05/311. [Internet] International Monetary Fund, Washington, United States. <http://www.imf.org/external/pubs/ft/scr/2005/cr05311.pdf>. Accessed January 2006.

Index Mundi, 2005. Palm oil and palm kernel: production, consumption, exports and imports statistics. [Internet] <www.indexmundi.com/en/commodities>. Accessed July 2006.

International Olive Oil Council, 1997. World encyclopedia of the olive tree. Plaza & Janès, Barcelona, Spain. 479 pp.

IPGRI, 1981. Descriptors for Sesame (Sesamum spp.). [Internet] International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. <http://www.ipgri.cgiar.org/publications/pdf/246.pdf>. Accessed September 2006.

IPGRI & INIA, 2006. Descriptors for Shea tree (Vitellaria paradoxa). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy and Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Madrid, Spain. 54 pp.

Irvine, F.R., 1961. Woody plants of Ghana, with special reference to their uses. Oxford University Press, London, United Kingdom. 868 pp.

Isleib, T.G. & Wynne, J.C., 1992. Use of plant introductions in plant improvement. In: Shads, H.L. & Weiser, L.E. (Editors). Use of plant introductions in cultivar development. Part 2. CSSA Special Publication 20. Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin, United States. pp. 77–116.

Isu, N.R. & Njoku, H.O., 1997. An evaluation of the microflora associated with fermented African oil bean (Pentaclethra macrophylla Bentham) seeds during ugba production. Plant Foods for Human Nutrition 51: 145–157.

Isu, N.R. & Ofuya, C.O., 2000. Improvement of the traditional processing and fermentation of African oil bean (Pentaclethra macrophylla Bentham) into a food snack - 'ugba'. International Journal of Food Microbiology 59: 235–239.

Jackson, G., 1968. Notes on West African vegetation 3: the seedling morphology of Butyrospermum paradoxum (Gaertn. f.) Hepper. Journal of the West African Science Association 13: 215–222.

Jacquemard, J.C., 1995. Le palmier à huile. Maisonneuve, Paris, France. 207 pp.

Jahn, S.A.A., 1986a. Cultivation of Moringa trees. Schriftenreihe der Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit 191: 233–298.

Jahn, S.A.A., 1986b. Water treatment with traditional plant coagulants and clarifying clays. Schriftenreihe der Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit 191: 67–157.

Jahn, S.A.A., Musnad, H.A. & Burgstaller, H., 1986. The tree that purifies water: cultivating multipurpose Moringaceae in the Sudan. Unasylva 152: 23–28.

James, C., 2002. Global status of commercialized transgenic crops: 2001. ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications) Briefs No 24: Preview. ISAAA, Ithaca, New York, United States. 20 pp.

Jamieson, G.S., 1938. The chemistry of the acyclic constituents of natural fats and oils. Annual Reviews of Biochemistry 7: 77–98.

Jaradat, A.A. & Shahid, M., 2006. Patterns of phenotypic variation in a germplasm collection of Carthamus tinctorius L. from the Middle East. Genetic Resources and Crop Evolution 53: 225–244.

Javaheri, F. & Baudoin, J.P., 2001. Soya bean. In: Raemaekers, R.H. (Editor). Crop production in tropical Africa. DGIC (Directorate General for International Co-operation), Ministry of Foreign Affairs, External Trade and International Co-operation, Brussels, Belgium. pp. 809–828.

Jeffrey, C., 1967. Cucurbitaceae. In: Milne-Redhead, E. & Polhill, R.M. (Editors). Flora of Tropical East Africa. Crown Agents for Oversea Governments and Administrations, London, United Kingdom. 157 pp.

Jeffrey, C., 1978. Cucurbitaceae. In: Launert, E. (Editor). Flora Zambesiaca. Volume 4. Flora Zambesiaca Managing Committee, London, United Kingdom. pp. 414–499.

Jeffrey, C., 1980. A review of the Cucurbitaceae. Botanical Journal of the Linnean Society 81: 233–247.

Jeffrey, C., 1988. The Vernonieae in East tropical Africa. Notes on Compositae 5. Kew Bulletin 43(2): 195–277.

Jeffrey, B.S.J. & Padley, F.B., 1991. Chinese vegetable tallow-characterization and contamination by stillingia oil. Journal of the American Oil Chemistry Society 68(2): 123–127.

Jerz, G., Waibel, R. & Achenbach, H., 2005. Cyclohexanoid protoflavanones from the stem-bark and roots of Ongokea gore. Phytochemistry 66: 1698–1706.

Jøker, D., 2003. Trichilia emetica Vahl. [Internet] Seed Leaflet No 68. Danida Forest Seed Centre, Humlebaek, Denmark. <http://www.dfsc.dk/pdf/Seedleaflets/Trichilia%20emetica_int.pdf>. Accessed January 2006.

Jones, A.C., Robinson, J.M. & Southwell, K.H., 1987. Investigation into Pentaclethra macrophylla seed oil: identification of hexacosanoic (C26:0) and octacosanoic (C28:0) fatty acids. Journal of the Science of Food and Agriculture 40(2): 189–194.

Jonsell, B., 1982a. Cruciferae. Flore de Madagascar et des Comores, familles 84–87. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France. pp. 3–32.

Jonsell, B., 1982b. Cruciferae. In: Polhill, R.M. (Editor). Flora of Tropical East Africa. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands. pp. 15–17.

Jonsell, B., 2000. Brassicaceae (Cruciferae). In: Edwards, S., Mesfin Tadesse, Demissew Sebsebe & Hedberg, I. (Editors). Flora of Ethiopia and Eritrea. Volume 2, part 1. Magnoliaceae to Flacourtiaceae. The National Herbarium, Addis Ababa University, Addis Ababa, Ethiopia and Department of Systematic Botany, Uppsala University, Uppsala, Sweden. pp. 121–154.

Jumelle, H. & Perrier de la Bâthie, H., 1909. Nouvelles observations sur les baobabs de Madagascar. Matières Grasses 1909: 1509–1512.

Jumelle, H. & Perrier de la Bâthie, H., 1910. Fragments biologiques de la flore de Madagascar. Annales du Musée Colonial de Marseille 2e Série 8: 447–451.

Kabele Ngiefu, C., Paquot, C. & Vieux, A., 1977. Les plantes à huile du Zaïre. 3: Familles botaniques fournissant des huiles d'insaturation relativement élevée. Oléagineux 32: 535–537.

Kafiriti, E.M. & Deckers, J., 2001. Sesame (Sesamum indicum L.). In: Raemaekers, R.H. (Editor). Crop production in tropical Africa. DGIC (Directorate General for International Co-operation), Ministry of Foreign Affairs, External Trade and International Co-operation, Brussels, Belgium. pp. 797–804.

Kamal-Eldin, A., 1993. Seed oils of Sesamum indicum L. and some wild relatives. A compositional study of the fatty acids, acyl lipids, sterols, tocopherols and lignans. PhD thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

Kandel, H.J. & Porter, P.M. (Editors), 2002. Niger (Guizotia abyssinica (L.f.) Cass.) production in Northwest Minnesota. Extension Service, University of Minnesota, St. Paul MN, United States. 28 pp.

Kandel, H.J., Porter, P.M., Johnson, B.L., Henson, R.A., Hanson, B.K., Weisberg, S. & LeGare, D.G., 2004. Plant population influences niger seed yield in the northern Great Plains. Crop Science 44: 190–197.

Kang, B.T., Akinnifesi, F.K. & Ladipo, D.O., 1994. Performance of selected woody agroforestry species grown on an Alfisol and an Ultisol in the humid lowland of West Africa, and their effects on soil properties. Journal of Tropical Forest Science 7(2): 303–312.

Katende, A.B., Birnie, A. & Tengnäs, B., 1995. Useful trees and shrubs for Uganda: identification, propagation and management for agricultural and pastoral communities. Technical Handbook 10. Regional Soil Conservation Unit, Nairobi, Kenya. 710 pp.

Katsoyannos, P., 1992. Olive pests and their control in the Near East. FAO Plant Production and Protection Paper 115. FAO, Rome, Italy. 178 pp.

Kaufman, P.B., Cseke, L.J., Warber, S., Duke, J.S. & Brielman, H.L., 1999. Natural products from plants. CRC Press, Boca Raton, United States. 343 pp.

Keay, R.W.J., 1954a. Guttiferae. In: Keay, R.W.J. (Editor). Flora of West Tropical Africa. Volume 1, part 1. 2nd Edition. Crown Agents for Oversea Governments and Administrations, London, United Kingdom. pp. 290–295.

Keay, R.W.J., 1954b. Ochnaceae. In: Keay, R.W.J. (Editor). Flora of West Tropical Africa. Volume 1, part 1. 2nd Edition. Crown Agents for Oversea Governments and Administrations, London, United Kingdom. pp. 221–232.

Keay, R.W.J., 1989. Trees of Nigeria. A revised version of Nigerian trees (1960, 1964) by R.W.J. Keay, C.F.A. Onochie and D.P. Stanfield. Clarendon Press, Oxford, United Kingdom. 476 pp.

Keita, S.M., Arnason, J.T., Baum. B.R., Marles, R., Camara, F. & Traoré, A.K., 1995. Etude ethnopharmacologique traditionnelle de quelques plantes médicinales antihelminthiques de la République de Guinée. Revue de médecines et pharmacopées africaines 9(2): 119–134.

Kellerman, M.J.S., 2004. Seed bank dynamics of selected vegetation types in Maputaland, South Africa. [Internet] MSc thesis, University of Pretoria, Pretoria, South Africa. <http://upetd.up.ac.za/thesis/available/etd-02012005-090837/unrestricted/00dissertation.pdf>. Accessed January 2005.

Keraudren, M., 1963. Pachypodes et baobabs à Madagascar. Science & Nature 55: 2–11.

Keraudren, M., 1965. Le genre Moringa en Afrique et à Madagascar (affinités systématiques, intérêt biogéographique). Webbia 19: 815–824.

Keraudren, M., 1966. Cucurbitacées (Cucurbitaceae). Flore de Madagascar et des Comores (plantes vasculaires), famille 185. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France. 173 pp.

Keraudren-Aymonin, M., 1982. Moringaceae. Flore de Madagascar et des Comores, familles 84–87. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France. pp. 33–40.

Keraudren-Aymonin, M., 1993. Cucurbitacées. In: Bosser, J., Cadet, T., Guého, J. & Marais, W. (Editors). Flore des Mascareignes. Familles 90–106. The Sugar Industry Research Institute, Mauritius, l'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM), Paris, France & Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom. 22 pp.

Kershaw, S.J., 1982. Occurrence of aflatoxins in oilseeds providing cocoa-butter substitutes. Applied and Environmental Microbiology 43(5): 1210–1212.

Khan, F.W., Khan, K. & Malik, M.N., 1973. Vegetable tallow and stillingia oil from the fruits of Sapium sebiferum Roxb. Pakistan Journal of Forestry 23(3): 257–266.

Khumalo, L.W., Majoko, L., Read, J.S. & Ncube, I., 2002. Characterisation of some underutilised vegetable oils and their evaluation as starting materials for lipase-catalysed production of cocoa butter equivalents. Industrial Crops and Products 16: 237–244.

Kleiman, R., 1990. Chemistry of new industrial oilseed crops. In: Janick, J. & Simon, J.E. (Editors). Advances in new crops. Timber Press, Portland, Oregon, United States. pp. 196–203.

Kloos, H. & McCullough, F.S., 1982. Plant molluscicides. Planta Medica 46: 195–209.

Kmec, P., Weiss, M.J., Milbrath, L.R., Schatz, B.G., Hanzel, J., Hanson, B.K. & Eriksmoen, E.D., 1998. Growth analysis of crambe. Crop Science 38: 108–112.

Knauft, D.A. & Ozias-Akins, P., 1995. Recent methodologies for germplasm enhancement and breeding. In: Patte, H.E. & Stalker, H.T. (Editors). Advances in peanut science. American Peanut Research and Education Society, Stillwater, Oklahoma, United States. pp. 54–94.

Knauft, D.A. & Wynne, J.C., 1995. Peanut breeding and genetics. Advances in Agronomy 55: 393–445.

Knowles, P.F. & Ashri, A., 1995. Safflower. In: Smartt, J. & Simmonds, N.W. (Editors). Evolution of crop plants. 2nd Edition. Longman Scientific & Technical, Harlow, United Kingdom. pp. 47–50.

Knowles, P.F., Kearney, T.E., & Cohen, D.B., 1981. Species of rapeseed and mustard as oil crops in California. In: Pryde, E.H., Princen, L.H. & Mukherjee, K.D. (Editors). New sources of fats and oils. AOCS Monograph 9. American Oil Chemists' Society, Champaign IL, United States. pp. 255–268.

Kochert, G., Stalker, H.T., Gimenes, M., Galgaro, L., Romero Lopes, C. & Moore, K., 1996. RFLP and cytogenetic evidence on the origin and evolution of allotetraploid domesticated peanut, Arachis hypogaea (Leguminosae). American Journal of Botany 83(10): 1282–1291.

Kokalis-Burelle, N., Porter, D.M., Rodríguez-Kábana, R., Smith, D.H. & Subrahmanyam, P. (Editors), 1997. Compendium of peanut diseases. 2nd Edition. APS Press American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, United States. 94 pp.

Kokwaro, J.O., 1993. Medicinal plants of East Africa. 2nd Edition. Kenya Literature Bureau, Nairobi, Kenya. 401 pp.

Kolte, S.J., 1985. Diseases of annual oilseed crops. Volume 2: rapeseed-mustard and sesame diseases. CRC Press, Boca Raton FA, United States. 135 pp.

Kolte, S.J., 1995. Castor: diseases and crop improvement. Shipra Publications, New Delhi, India. 119 pp.

Krapovickas, A. & Gregory, W.C., 1994. Taxonomia del genero Arachis (Leguminosae). Bonplandia 8(1-4): 1–186.

Kryn, J.M. & Fobes, E.W., 1959. The woods of Liberia. Report 2159. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin, United States. 147 pp.

Kunkel, G., 1966. Anmerkungen über Sekundärbusch und Sekundärwald in Liberia (Westafrika). Plant Ecology 13: 233–248.

Ladipo, D.O., 1999. The development of quality control standards for ogbono (Irvingia gabonensis and Irvingia wombolu) kernels: efforts towards encouraging organized and further international trade in a NWFP of West and Central Africa. In: Sunderland, T.C.H., Clark, L.E. & Vantomme, P. (Editors). Current research issues and prospects for conservation and development. FAO, Rome, Italy. pp. 245–250.

Ladipo, D.O., 2000. Harvesting of Irvingia gabonensis and Irvingia wombulu in Nigerian forests; potentials for the development of sustainable systems. Paper presented at the Seminar Harvesting of Non-Wood Forest Products, held at Menemen-Izmir, Turkey on 2–8 October 2000. [Internet] <http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/005/Y4496E/Y4496E32.htm>. Accessed March 2006.

Ladipo, D.O. & Boland, D.J., 1995. Pentaclethra macrophylla: a multipurpose tree from Africa with potential for agroforestry in the tropics. NFT Highlights, NFTA 95–05, September 1995. Winrock International, Morrilton AR, United States. 4 pp.

Ladipo, D.O., Kang, B.T. & Swift, M.J., 1993. Nodulation in Pentaclethra macrophylla Benth.; a multipurpose tree with potential for agroforestry in the humid lowlands of West Africa. Nitrogen Fixing Tree Research Reports 11: 104–115.

Laine, C., Baniakina, J., Vaquette, J., Chaumont, J.P. & Simeray, J., 1985. Activité antifongique d'écorces de troncs de sept phanerogames congolaises. Plantes Medicinales et Phytotherapie 19(2): 75–83.

Laird, S.A., 1999. The management of forests for timber and non-wood forest products in Central Africa. In: Sunderland, T.C.H, Clark, L.E. & Vantomme, P. (Editors). Non-wood forest products of Central Africa: current research issues and prospects for conservation and development. FAO, Rome, Italy. pp. 51–60.

Lamade, E. & Bouillet, J.-P., 2005. Carbon storage and global change: the role of oil palm. OCL - Oléagineux, Corps gras, Lipides 12: 154–160.

Lamien, N., Tigabu, M., Guinko, S. & Oden, P.C., 2007. Variations in dendrometric and fruiting characters of Vitellaria paradoxa populations and multivariate models for estimation of fruit yield. Agroforestry Systems 69: 1–11.

Larkcom, J., 1991. Oriental vegetables. The complete guide for garden and kitchen. John Murray, London, United Kingdom. 232 pp.

Lassner, M.W., Lardizabal, K. & Metz, J.G., 1999. Producing wax esters in transgenic plants by expression of genes derived from jojoba. In: Janick, J. (Editor). Perspectives on new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria VA, United States. pp. 196–201.

Latham, P., 2004. Useful plants of Bas-Congo province, Democratic Republic of the Congo. DFID, London, United Kingdom. 320 pp.

Latham, P., 2005. Some honeybee plants of Bas-Congo Province, Democratic Republic of Congo. DFID, United Kingdom. 167 pp.

Launert, E., 1963. Balanitaceae. In: Exell, A.W., Fernandes, A. & Wild, H. (Editors). Flora Zambesiaca. Volume 2, part 1. Crown Agents for Oversea Governments and Administrations, London, United Kingdom. pp. 221–224.

Lavee, S., 1990. Aims, methods and advances in breeding of new olive (Olea europaea L.) cultivars. Acta Horticulturae 286: 23–36.

Lavee, S., 2005. Report on a survey of southeastern Botswana for possible establishment of a commercial olive industry. National Master Plan for Arable Agriculture and Dairy Development. Ministry of Agriculture, Gaborone, Botswana.

Lay, C.L. & Dybing, C.D., 1989. Linseed. In: Röbbelen, G., Downey, R. & Ashri, A. (Editors). Oil crops of the world. McGraw-Hill, New York, United States. pp. 416–430.

Lazzeri, L., Leoni, O., Conte, L.S. & Palmieri, S., 1994. Some technological characteristics and potential uses of Crambe abyssinica products. Industrial Crops and Products 3: 103–112.

Leakey, R.R.B., Fondoun, J-M., Atangana, A. & Tchoundjeu, Z., 2000. Quantitative descriptors of variation in the fruits and seeds of Irvingia gabonensis. Agroforestry Systems 50: 47–58.

Leakey, R.R.B., Greenwell, P., Hall, M.N., Atangana, A.R., Usoro, C., Anegbeh, P.O., Fondoun, J.M. & Tchoundjeu, Z., 2005. Domestication of Irvingia gabonensis: 4. Tree-to-tree variation in food-thickening properties and in fat and protein contents of dika nut. Food Chemistry 90: 365–378.

Lebrun, P., N'Cho, Y-P., Bourdeix, R. & Baudouin, L., 2003. Coconut. In: Hamon, P., Seguin, M., Perrier, X. & Glaszmann, J.Ch. (Editors). Genetic diversity of cultivated tropical plants. Science Publishers, Plymouth, United Kingdom & CIRAD, Montpellier, France. pp. 219–238.

Lee, R.B., 1973. Mogongo: the ethnography of a major wild food resource. Ecology of Food and Nutrition 2: 307–321.

Leeson, S. & Caston, L.J., 2004. Feeding value of dehulled flaxseed. Canadian Journal of Animal Science 84: 545–547.

Lemée, G., 1959. Effets des charactères du sol sur la localisation de la végétation en zones équatoriale et tropicale humide. [Internet] Tropical Soils and Vegetation. Symposium held in Abidjan, 20–24 October 1959. UNESCO, Paris, France. pp. 25–39. <http://unesdoc.unesco.org/images/0001/000194/019446mo.pdf>. Accessed December 2006.

Léonard, J., 1962. Euphorbiaceae. In: Robyns, W., Staner, P., Demaret, F., Germain, R., Gilbert, G., Hauman, L., Homès, M., Jurion, F., Lebrun, J., Vanden Abeele, M. & Boutique, R. (Editors). Flore du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Spermatophytes. Volume 8, 1. Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo belge, Brussels, Belgium. 214 pp.

Lessman, K.L., 1990. Crambe: a new industrial crop in limbo. In: Janick, J. & Simon, J.E. (Editors). Advances in new crops. Proceedings of the first national symposium new crops, research, development, economics, Indianapolis, Indiana, October 23–26, 1988. Timber Press, Portland, Oregon, United States. 560 pp.

Letouzey, R., 1955. Les arbres d'ombrage des plantations agricoles camerounaises. Bois et Forêts des Tropiques 12: 15–25.

Letouzey, R. & White, F., 1978. Chrysobalanaceae. Flore du Cameroun. Volume 20. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France. pp. 3–138.

Leung, A.Y., 1980. Encyclopedia of common natural ingredients used in food, drugs, and cosmetics. John Wiley & Sons. New York, United States. 250 pp.

Leung, W.-T.W., Busson, F. & Jardin, C., 1968. Food composition table for use in Africa. FAO, Rome, Italy. 306 pp.

Li, D.-J. & Mündel, H.-H., 1996. Safflower. Carthamus tinctorius L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 7. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, Germany/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 83 pp.

Libouga, D.G., Womeni, H.M. & Bitjoka, L., 2002. Extrait des ecorces de l'Ongokea gore: protéolysé et conservation. Journal of the Cameroon Academy of Sciences 2(2): 96–108.

Lin, J., Yan, F., Tang, L. & Chen, F., 2003. Antitumor effects of curcin from seeds of Jatropha curcas. Acta Pharmacologica Sinica 24: 241–246.

Lisson, S.N., 1989. Linum usitatissimum L. In: Brink, M. & Escobin, R.P. (Editors). Plant Resources of South East Asia No 17. Fibre plants. Backhuys Publishers, Leyden, Netherlands. pp. 172–179.

López González, G., 1990. Acerca de la classificación natural del género Carthamus L., s.l. Anales del Jardín Botánico de Madrid 47: 11–34.

Loussert, R. & Brousse, G., 1978. L'Olivier. Techniques agricoles et production méditerranéennes. G.P. Maisonneuve & Larose, Paris, France. 465 pp.

Lovang, U. & Wildt-Persson, T., 1998. Botanical pesticides. The effect of aqueous extracts of Melia azedarach and Trichilia emetica on selected pathogens of tomato, bean and maize. Minor Field Studies, International Office, Swedish University of Agricultural Sciences, No. 52. 23 pp.

Lovett, J. & Clarke, G.P., 1998. Allanblackia stuhlmannii & Allanblackia ulugurensis. [Internet] In: IUCN. 2006 Red list of threatened species. <http://www.iucnredlist.org>. Accessed November 2006.

Lovett, J.C., Ruffo, C.K., Gereau, R.E. & Taplin, J.R.D., 2006. Field guide to the moist forest trees of Tanzania. [Internet] Centre for Ecology Law and Policy, Environment Department, University of York, York, United Kingdom. <http://www.york.ac.uk/res/celp/webpages/projects/ecology/tree%20guide/guide.htm>. Accessed November 2006.

Lowe, A.J., Russell, J.R., Powell, W. & Dawson, I.K., 1998. Identification and characterization of nuclear, cleaved amplified polymorphic sequence (CAPS) loci in Irvingia gabonensis and Irvingia wombolu, indigenous fruit trees of west and central Africa. Molecular Ecology 7: 1771–1788.

Lowe, A.J., Gillies, A.C.M., Wilson, J. & Dawson, I.K., 2000. Conservation genetics of bush mango from central/west Africa, implications from RAPD analysis. Molecular Ecology 9: 831–841.

Lu, G., 2003. Engineering Sclerotinia sclerotiorum resistance in oilseed crops. African Journal of Biotechnology 2(12): 509–516.

Luhs, W. & Friedt, W., 1994. The major oil crops. In: Murphy, D.J. (Editor). Designer oil crops: breeding, processing and biotechnology. VCH Press, Weinheim, Germany. pp. 5–71.

Luo, J., Cheung, J., Yevich, E.M., Clark, J.P., Tsai, J., Lapresca, P., Ubillas, R.P., Fort, D.M., Carlson, T.J., Hector, R.F., King, S.R., Mendez, C.D., Jolad, S.D. & Reaven, G.M., 1999. Novel terpenoid-type quinones isolated from Pycnanthus angolensis of potential utility in the treatment of type 2 diabetes. Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics 288: 529–534.

Lynch, R.E. & Mack, T.P., 1995. Biological and biotechnical advances for insect management in peanut. In: Patte, H.E. & Stalker, H.T. (Editors). Advances in peanut science. American Peanut Research and Education Society, Stillwater, Oklahoma, United States. pp. 95–159.

M.M.P.N.D., undated. Multilingual Multiscript Plant Name Database [Internet] <http://www.plantnames.unimelb.edu.au/Sorting/Adansonia.html>. Accessed October 2006.

Maagi, Z.G.N., Mkude, M.J. & Mlowe, E.J., 1979. The forest area of Tanzania. Mainland. Forest Resources Study Series 34. Ministry of Natural Resources and Tourism, Forest Division, Dar es Salaam, Tanzania. 20 pp.

Mackinder, B., Pasquet, R., Polhill, R. & Verdcourt, B., 2001. Leguminosae (Papilionoideae: Phaseoleae). In: Pope, G.V. & Polhill, R.M. (Editors). Flora Zambesiaca. Volume 3, part 5. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom. 261 pp.

Maggioni, L., Pavelek, M., van Soest, L.J.M. & Lipman, E., 2002. Flax genetic resources in Europe. Ad hoc meeting, 7–8 December 2001, Prague, Czech Republic. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 80 pp.

Magliocca, F., 1998. Bilan provisoire de la fréquentation par les grands mammifères de la clairière Maya Nord août & septembre 1998. Ecofac-Composante Congo. 13 pp.

Maheu, J. & Husson, M., 1920. Un nouvel oléagineux de Madagascar: le 'Betratra', Jatropha mahafalensis Jum. (Euphorb.): Etude botanique du fruit et de la graine. Bulletin de l'Agence Générale des Colonies 13:14–21.

Maire, R., 1965. Dicotyledonae: Thoeadales: Papaveraceae, sf. Fumarioidea p.p., Capparidaceae, Cruciferae p.p. Flore de l'Afrique du Nord. Volume 12. Éditions Paul Lechevalier, Paris, France. 407 pp.

Maity, P.K., Sengupta, A.K. & Jana, P.K., 1980. Response of mustard variety varuna (Brassica juncea) to levels of irrigation and nitrogen. Indian Agriculturist 24(1): 43–47.

Makkar, H.P.S. & Becker, K., 1999. Nutritional studies on rats and fish (carp Cyprinus carpio) fed diets containing unheated and heated Jatropha curcas meal of a non-toxic provenance. Plant Foods for Human Nutrition 53: 183–192.

Makkar, H.P.S., Aderibigbe, A.O. & Becker, K., 1998. Comparative evaluation of non-toxic and toxic varieties of Jatropha curcas for chemical composition, digestibility, protein degradability and toxic factors. Food Chemistry 62(2): 207–215.

Makkar, H.P.S., Becker, K. & Schmook, B., 1998. Edible provenances of Jatropha curcas from Quintana Roo state of Mexico and effect of roasting on antinutrient and toxic factors in seeds. Plant Foods for Human Nutrition 52: 31–36.

Malgras, R.P.D., 1992. Arbres et arbustes guérisseurs des savanes maliennes. A.C.C.T. & Éditions Karthala, Paris, France. 478 pp.

Mander, M., Mander, J., Crouch, N., McKean, S. & Nicholls, G., 1995. Catchment action: knowing and growing muthi plants. Share-Net, Howick; Institute of Natural Resources, Scottsville. p. 26.

Mangala, M., 1999. Evaluation des ressources forestières ligneuses dans la République Centrafricaine. [Internet] <http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/004/X6805F/X6805F03.htm>. Accessed May 2005.

Mangenot, S. & Mangenot, G., 1962. Enquête sur les nombres chromosomiques dans une collection d'espèces tropicales. Revue de Cytologie et Biologie Végétale 25: 411–447.

Manoharan, V., Dharmalingam, V. & Manjula, P.S., 1995. Studies on the extent of out-crossing in sesame. Sesame and Safflower Newsletter 10: 49–51.

Mansfeld, R., 1986. Verzeichnis landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturpflanzen (ohne Zierpflanzen). 2nd edition, revised by J. Schultze-Motel. 4 volumes. Springer Verlag, Berlin, Germany. 1998 pp.

Mapongmetsem, P.M., 2005a. Analyse des jardins de case agroforestiers des savanes soudano guinéennes: stratégies de domestication des essences d'intérêt socio-économique. Rapport Semestriel de Recherche (IFS-D3378-1). IFS /Université de Ngaoundéré, Ngaoundéré, Cameroon. 43 pp.

Mapongmetsem, P.M., 2005b. Phénologie et apports au sol des substances biogènes par la litière des fruitiers sauvages des savanes soudano-guinéennes (Adamaoua, Cameroun). Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroon. 267 pp.

Mapongmetsem, P.M., Duguma, B., Nkongmeneck, B.A. & Selegny, S., 1995. Phénologie de quelques essences locales à usages multiples de la zone forestière. In: Duguma, B. & Mallet, B. (Editors). Proceedings of the Regional Symposium on Agroforestry Research and Development in the Humid Lowlands of West and Central Africa, held at Yaoundé, Cameroon, 4–7 December 1995. CIRAD, Montpellier, France. pp. 69–80.

Mapongmetsem, P.M., Tchiégang-Megueni, C., Nkongmeneck, B.A., Kapseu, C. & Kayem, G., 1997. Agroforesty potentials of indigenous tree species in northern Cameroon. Cameroon Journal of Biology and Biochemical Sciences 7(1): 24–29.

Mapongmetsem, P.M., Tchiégang-Megueni, C., Akagou Zedong, C.H., Nyomo, H. & Laissou, M., 1998. Inventaire et essai de domestication des oleagineux non locaux du Cameroun. In: Kapseu, C. & Kayem, G.J. (Editors). 2ème Séminaire International sur la valorisation du safoutier et autres oléagineux non-conventionnels. Ngaoundéré, Cameroun, 1997. pp. 13–24.

Mapongmetsem. P.M., Duguma, B., Nkongmeneck, B.A. & Selegny, S., 1999. Germination des semences, développement et croissance de quelques essences locales en zone forestière du Cameroun. Tropicultura 16–17(4): 175–179.

Mapongmetsem, P.M., Duguma, B., Nkongmeneck, B.A. & Selegny S., 1999a. The effect of various seed pretreatments to improve germination in eight indigenous tree species in the forests of Cameroon. Annals of Forestry Science 56: 679–684.

Mapongmetsem, P.M., Motalindja, M. & Nyomo, H., 1998. Eyes on the enemy. Identifying parasitic plants of wild fruit trees in Cameroon. Agroforestry Today 10(3): 10–11.

Mapongmetsem, P.M., Nkongmeneck, B.A. & Duguma, B., 2002. Patterns of flowering in some indigenous tree species in the humid lowlands of Cameroon. Ghana Journal of Sciences 42: 19–27.

Maranz, S. & Wiesman, Z., 2003. Evidence for indigenous selection and distribution of the shea tree, Vitellaria paradoxa, and its potential significance to prevailing parkland savanna tree patterns in sub-Saharan Africa north of the equator. Journal of Biogeography 30: 1505–1516.

Maranz, S., Wiesman, Z., Bisgaard, J.& Bianchi, G., 2004a. Germplasm resources of Vitellaria paradoxa based on variations in fat composition across the species distribution range. Agroforestry Systems 60: 71-76.

Maranz, S., Kpikpi, W., Wiesman, Z., De Saint Sauveur, A. & Chapagain, B., 2004b. Nutritional values and indigenous preferences for shea fruits (Vitellaria paradoxa C.F. Gaertn. f.) in African agroforestry parklands. Economic Botany 58: 588–600.

Marini, F., Magrì, A., Marini, D. & Balestrieri, F., 2003. Characterization of the lipid fraction of niger seeds (Guizotia abyssinica Cass.) from different regions of Ethiopia and India and chemometric authentication of their geographical origin. European Journal of Lipid Science and Technology 105: 697–704.

Mastebroek, H.D., Wallenburg, S.C. & van Soest, L.J.M., 1994. Variation for agronomic characteristics in crambe, Crambe abyssinica Hochst. ex Fries. Industrial Crops and Products 2: 129–136.

Mathai, P.J., 1984. Vegetable growing in Zambia. Zambia Seed Co., Lusaka, Zambia. 344 pp.

Maundu, P. & Tengnäs, B. (Editors), 2005. Useful trees and shrubs for Kenya. World Agroforestry Centre - East and Central Africa Regional Programme (ICRAF-ECA), Technical Handbook 35, Nairobi, Kenya. 484 pp.

Maundu, P.M., Ngugi, G.W. & Kabuye, C.H.S., 1999. Traditional food plants of Kenya. Kenya Resource Centre for Indigenous Knowledge (KENRIK), Nairobi, Kenya. 270 pp.

Mayes, S., Jack, P.L., Marshall, D.F. & Corley, R.H.V., 1997. Construction of a RFLP genetic linkage map for oil palm (Elaeis guineensis Jacq.). Genome 40: 116–122.

Mbuya, L.P., Msanga, H.P., Ruffo, C.K., Birnie, A. & Tengnäs, B., 1994. Useful trees and shrubs for Tanzania: identification, propagation and management for agricultural and pastoral communities. Technical Handbook 6. Regional Soil Conservation Unit/SIDA, Nairobi, Kenya. 542 pp.

McDonald, D., Reddy, D.V.R., Sharma, S.B., Mehan, V.K. & Subrahmanyam, P., 1998. Diseases of groundnut. In: Allen, D.J. & Lenné, J.M. (Editors). The pathology of food and pasture legumes. CAB International, Wallingford, United Kingdom. pp. 63–124.

Melouk, H.A. & Shokes, F.M. (Editors), 1995. Peanut health management. APS Press American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, United States. 117 pp.

Menninger, A.D., 1977. Edible nuts of the world. Horticultural Books, Stuart FL, United States. 175 pp.

Menon, K.P.V. & Pandalai, K.M., 1958. The coconut palm, a monograph. Indian Central Coconut Committee, Ernakulam, India. 384 pp.

Meshack, C., 2004. Indigenous knowledge of Allanblackia stuhlmannii in the East Usambara Mountains, Tanzania. [Internet] <http://www.allanblackia.info/contentManagement/documentos/doc-341.pdf>. Accessed November 2006.

Metzger, J.O. & Bornscheuer, U., 2006. Lipids as renewable resources: current state of chemical and biotechnological conversion and diversification. Applied Microbiology and Biotechnology 71(1): 13–22.

Metzidakis, I.T. & Voyiatzis, D.G. (Editors), 1999. Proceedings of the 3rd International Symposium on Olive Growing, Chania, Crete, Greece, 12–26 September 1997. Acta Horticulturae 474. 776 pp.

Miège, J., 1974. Etude du genre Adansonia 2: Caryologie et blastogenèse. Candollea 29: 457–475.

Miller, R.W., Weisleder, D., Kleiman, R., Plattner, R.D. & Smith Jr, C.R., 1977. Oxygenated fatty acids of isano oil. Phytochemistry 16: 947–951.

Milthorpe, P., 2006. Evaluation of jojoba germplasm in different environments. [Internet] RIRDC Publication no. 05/184. RIRDC, Barton, Australia. 14 pp. <http://www.rirdc.gov.au/reports/NPP/05-184.pdf>. Accessed December 2006.

Mingochi, D.S. & Jensen, A., 1988. Reaction of rape and Ethiopian mustard selections to blackrot and turnip mosaic virus (TuMV) in Zambia. Acta Horticulturae 218: 289–294.

Ministry of Trade and Industry, Namibia, undated. Olive production. [Internet] <http://www.mti.gov.na/invopps_text/sdi_agriculture.htm>. Accessed June 2006.

Miquel, S., 1985. Plantules et premiers stades de croissance des espèces forestières du Gabon : potentialités d'utilisation en agroforesterie. Thèse de 3ème cycle. Université Pierre et Marie Curie, Paris, France. 157 pp.

Mkamilo, G.S., 2004. Maize-sesame intercropping in Southeast Tanzania: farmers' practices and perceptions, and intercrop performance. PhD thesis. Wageningen University, Wageningen, Netherlands. 112 pp.

Mkize, N., 2005. Pests of cultivated (Olea europaea L.) and wild (Olea europaea africana) olive trees in the Eastern Cape, South Africa. [Internet] <http://www.ru.ac.za/academic/departments/zooento/Nolwazi/nolwazi.html>. Accessed June 2006.

Mnzava, N.A., 1986. Compensatory leaf and seed yield increase in vegetable mustard (Brassica carinata A. Braun) in response to defoliation intensity. HortScience 21(3): 723.

Mnzava, N.A. & Bori, O.H., 1985. Seed germination and early seedling growth studies in the oyster-nut. Acta Horticulturae 158: 227–229.

Mnzava, N.A. & Msikita, W.W., 1988. Leaf yield response of Ethiopian mustard (Brassica carinata A. Br.) selections to defoliation regimes. Acta Horticulturae 218: 77–81.

Mnzava, N.A. & Olsson, K., 1990. Studies in tropical vegetables: Part 1. Seed amino, fatty acid and glucosinolates profile of Ethiopian mustards (Brassica carinata Braun). IBPGR 1990. Food Chemistry 35: 229–235.

Modestus, W.K., 1992. Safflower research in Tanzania: problems and research highlights. Research and Training Newsletter Dar es Salaam 7(1–3): 23–25.

Morris, D.H., 2004. Flax – A health and nutrition primer. [Internet] <http://www.flaxcouncil.ca>. Accessed July 2005.

Morris, L.M. & Holman, R.T., 1961. Naturally occurring epoxy acids: 2. Detection and measurement of long-chain epoxy acids by near infrared spectrophotometry. Journal of Lipid Research 2(1): 77–82.

Moustafa, A.E.A., El-Wahab, R.H.A., Helmy, M.A. & Batanouny, K.H., 1998. Phenology, germination and propagation of some wild trees and shrubs in south Sinai, Egypt. Egyptian Journal of Botany 36: 91–107.

Moutier, N. & van der Vossen, H.A.M., 2001. Olea europaea L. In: van der Vossen, H.A.M. & Umali, B.E. (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 14. Vegetable oils and fats. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 107–112.

Mpepereki, S., Javaheri, F., Davis, P. & Giller, K.E., 2000. Soyabeans and sustainable agriculture: 'promiscuous' soyabeans in southern Africa. Field Crops Research 65: 137–149.

Msikita, W.W. & Mnzava, N.A., 1988. Comparitive field performance of mustard, tronchuda and kale during mild winters in Zambia. Acta Horticulturae 218: 59–61.

Muangman, S., Thippornwong, M. & Tohtong, R., 2005. Anti-metastatic effects of curcusone b, a diterpene from Jatropha curcas. InVivo (Attiki) 19(1): 265–268.

Muir, A.D. & Westcott, N.D. (Editors), 2003. Flax: the genus Linum. Routledge, London, United Kingdom. 307 pp.

Mujumdar, A.M. & Misar, A.V., 2004. Anti-inflammatory activity of Jatropha curcas roots in mice and rats. Journal of Ethnopharmacology 90: 11–15.

Mujumdar, A.M., Misar, A.V., Salaskar, M.V. & Upadhye, A.S., 2001. Antidiarrhoeal effect of an isolated fraction (JC) of Jatropha curcas roots in mice. Journal of Natural Remedies 1(2): 89–93.

Mulder, J.H. & Mastebroek, H.D., 1996. Variation in agronomic characteristics in Crambe hispanica, a wild relative of Crambe abyssinica. Euphytica 89: 267–278.

Mulholland, D.A. & Taylor, D.A.H., 1980. Limonoids from the seed of the Natal Mahogany, Trichilia dregeana. Phytochemistry 19: 2421–2425.

Mulholland, D.A., Parel, B. & Coombes, P.H., 2000. The chemistry of the Meliaceae and Ptaeroxylaceae of Southern and Eastern Africa and Madagascar. Current Organic Chemistry 4(10): 1011–1054.

Müller-Stöver, D., Buschmann, H. & Sauerborn, J., 2005. Increasing control reliability of Orobanche cumana through integration of a biocontrol agent with a resistance-inducing chemical. European Journal of Plant Pathology 111: 193–202.

Murthy, H.N., Jeong, J.H., Choi, Y.E. & Paek, K.Y., 2003. Agrobacterium-mediated transformation of niger (Guizotia abyssinica (L.f.) Cass.) using seedling explants. Genetic Transformation and Hybridization 21: 1183–1187.

Musiyiwa, K., Mpepereki, S. & Giller, K.E., 2005. Symbiotic effectiveness and host ranges of indigenous rhizobia nodulating promiscuous soyabean varieties in Zimbabwean soils. Soil Biology and Biochemistry 37: 1169–1176.

Mwinjaka, S., Chiduza, C., Temu, A.E., Sukume, C. & Diehl, L., 2000. Coconut palm replacement model for Tanzanian farming systems. Journal of Agricultural Economics and Development 3: 61–70.

Nanthakumar, G., Singh, K.N. & Vaidyanathan, P., 2000. Relationships between cultivated Sesame (Sesamum sp.) and the wild relatives based on morphological characters, isozymes and RAPD markers. Journal of Genetics and Breeding 54: 5–12.

Naqvi, H.H. & Ting, I.P., 1990. Jojoba: a unique liquid wax producer from the American desert. In: Janick, J. & Simon, J.E. (Editors). Advances in new crops. Timber Press, Portland, Oregon, United States. pp. 247–251.

National Early Warning Unit, 1997. Malawi Agricultural Extension Bulletin 1996/1997. Planning division, Ministry of Agriculture and Irrigation, Lilongwe, Malawi. 58 pp.

Natta, A.N., Sinadouwirou, Th.A., Sinsin, B. & van der Maesen, L.J.G., 2003. Spatial distribution and ecological factors determining the occurrence of Pentadesma butyracea Sabine (Clusiaceae) in Bénin. In: Natta, A.N. Ecological assessment of riparian forests in Benin: Phytodiversity, phytosociology and spatial distribution of tree species. PhD thesis, Wageningen University. Wageningen, Netherlands. pp. 73–80.

Ndemu, E., 2002. Preliminary study on availability and use of the fat of Allanblackia in Tanzania. [Internet] <http://www.allanblackia.info/index.php?LS=5,&SL=41&SEC=41>. Accessed November 2006.

Ndoye, O., Ruiz-Pérez, M. & Eyebe, A., 1998. The markets of non-timber forest products in the humid forest zone of Cameroon. Rural Development Forestry Network Paper 22c, ODI, London, United Kingdom. 20 pp.

Nel, A.A. & Loubser, H.L., 2000. The yield and processing quality of sunflower seed as affected by the amount and timing of nitrogen fertiliser. South African Journal of Plant and Soil 17(4): 156–159.

Neuwinger, H.D., 2000. African traditional medicine: a dictionary of plant use and applications. Medpharm Scientific, Stuttgart, Germany. 589 pp.

Ngo Mpeck, M.-L., Asaah, E.K., Tchoundjeu, Z. & Atangana, A.R., 2003. Strategies for the domestication of Ricinodendron heudelotii: evaluation of variability in natural populations from Cameroon. Food, Agriculture and Environment 1(3/4): 257–262.

Nimir, M.N. & Ali-Dinar, H.M., 1991. Jojoba, a new cash crop in marginal lands. Acta Horticulturae 270: 369–372.

Nkengfak, A.E., Azebaze, G.A., Vardamides, J.C., Fomum, Z.T. & van Heerden, F.R., 2002. A prenylated xanthone from Allanblackia floribunda. Phytochemistry 60: 381–384.

Norden, A., Smith, O.D. & Gorbet, D.W., 1982. Breeding of the cultivated peanut. In: Patte, H. & Young, C. (Editors). Peanut science and technology. American Peanut Research and Education Society, Yaokum, Texas, United States. pp. 21–49.

Norman, L., 2005. Triadica sebifera (tree). [Internet] Global Invasive Species Database, National Biological Information Infrastructure & Invasive Species Specialist Group. <http://www.issg.org/database/welcome/>. Accessed February 2007.

Normand, D., 1950. Atlas des bois de la Côte d'Ivoire. Tome 1. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France. 148 pp.

Normand, D. & Paquis, J., 1976. Manuel d'identification des bois commerciaux. Tome 2. Afrique guinéo-congolaise. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France. 335 pp.

Nziengui, B., 2001. Une recette locale : alimentation par les plantes; peut-on revaloriser le savoir de nos ancêtres? L'exemple de Panda oleosa. Le Cri du Pangolin 28: 16.

O'Kting'ati, A., Maghembe, J.A., Fernandes, E.C.M. & Weaver, G.G., 1984. Plant species in the Kilimanjaro agroforestry system. Agroforestry Today 2: 177–186.

Oboh, G. & Ekperigin, M.M., 2004. Nutritional evaluation of some Nigerian wild seeds. Nahrung/Food 48(2): 85–87.

Oehlschlager, C.A.M., 2004. Current status of trapping palm weevils and beetles. Planter 81: 123–143.

Ofori, D.A., Peprah, T., Siaw, D. & Cobbinah, J.R., 2006. Domestication of Allanblackia in Ghana. Paper presented at the Workshop on extending cacao for biodiversity conservation, held at FORIG, Kumasi, Ghana, 14th–18th August 2006.

Ogunniyi, D.S., 2006. Castor oil: a vital industrial raw material. Bioresource-Technology 97(9): 1086–1091.

Oh, T.J. & Cullis, C.A., 2003. Labile DNA sequences in flax identified by combined sample representational difference analysis (CSRDA). Plant Molecular Biology 52: 527–536.

Ohler, J.G. & Magat, S.S., 2001. Cocos nucifera L. In: van der Vossen, H.A.M. & Umali, B.E. (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 14. Vegetable oils and fats. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 76–84.

Ohler, J.G. (Editor), 1999. Modern coconut management, palm cultivation and products. Intermediate Technology Publications, London, United Kingdom. 458 pp.

Okafor, J.C., 1975. Varietal delimitation in Irvingia gabonensis (Irvingiaceae). Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique 45(1–2): 211–221.

Okafor, J.C., 1991. Improving edible species of forest products. [Internet] Unasylva 49(165). <http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/u2440e/u2440e00.htm>. Accessed January 2005.

Okafor, J.C. & Ujor, G., 1994. Varietal differences in Irvingia gabonensis. In: Ladipo, D.O. & Boland, D. (Editors). Bush mango and close relatives. Proceedings of a West African Collection Workshop held in Ibadan, Nigeria, 10–11 May 1994. ICRAF, Nairobi, Kenya. pp. 5–10.

Okoli, B.E., 1987a. Anatomical studies in the leaf and probract of Telfairia Hooker (Cucurbitaceae). Feddes Repertorium 98(3-4): 231–236.

Okoli, B.E., 1987b. Morphological and cytological studies on Telfairia Hooker (Cucurbitaceae). Feddes Repertorium 98(9-10): 505–508.

Okoli, B.E., 1988. Studies on fruit, seed morphology and anatomy in relation to the taxonomy of Telfairia Hooker (Cucurbitaceae). Feddes Repertorium 99(3-4): 133–137.

Okoli, B.E., 1989. SEM study of surface characteristics of the vegetative and reproductive organs of Telfairia (Cucurbitaceae). Phytomorphology, 39(1): 103–108.

Okoli, B.E. & McEuen, A.R., 1986. Calcium-containing crystals in Telfairia Hooker (Cucurbitaceae). New Phytologist 102: 199–207.

Okolo, C.O., Johnson, P.B., Abdurahman, E.M., Abdu-Aguye, I. & Hussaini, I.M., 1995. Analgesic effect of Irvingia gabonensis stem bark extract. Journal of Ethnopharmacology 45(2): 125–129.

Okullo, J.B.L., Hall, J.B. & Obua, J., 2004. Leafing, flowering and fruiting of Vitellaria paradoxa subsp. nilotica in savanna parklands in Uganda. Agroforestry Systems 60: 77–91.

Okwulehie, I.C., 2004. Insect pests and mycoflora of oilbean (Pentaclethra macrophylla Benth.) pods and seeds in southeastern parts of Nigeria. Fruits 59: 25–30.

Olson, M.E., 1999. The home page of the plant family Moringaceae. [Internet] <http://www.mobot.org/gradstudents/olson/moringahome.html>. Accessed September 2006.

Olson, M.E., 2002. Combining data from DNA sequences and morphology for a phylogeny of Moringaceae (Brassicales). Systematic Botany 27(1): 55–73.

Olson, M.E., 2003. Ontogenetic origins of floral bilateral symmetry in Moringaceae (Brassicales). American Journal of Botany 890(1): 49–71.

Olson, M.E. & Carlquist, S., 2001. Stem and root anatomical correlations with life form diversity, ecology and systematics in Moringa (Moringaceae). Botanical Journal of the Linnean Society 135: 315–348.

Omokolo, N.D., Fotso, O. & Mbouna, D., 2004. Propagation d'Irvingia gabonensis par microbouturage in vitro. Fruits 59: 31–38.

Omont, H., 2005. Roundtable on sustainable palm oil - RSPO. The second RSPO meeting in Jakarta, October 2004. OCL - Oléagineux, Corps gras, Lipides 12: 125–128.

Onyeike, E.N. & Acheru, G.N., 2002. Chemical composition of selected Nigerian oil seeds and physicochemical properties of the oil extracts. Food Chemistry 77: 431–437.

Opeña, R.T., 1993. Brassica juncea (L.) Czernjaew. In: Siemonsma, J.S. & Kasem Piluek (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 8. Vegetables. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, Netherlands. pp. 104–108.

Openshaw, K., 2000. A review of Jatropha curcas, an oil plant of unfulfilled promise. Biomass and Bioenergy 19: 1–15.

Oplinger, E.S., Oelke, E.A., Putnam, D.H., Kelling, K.A., Kaminsid, A.R., Teynor, T.M., Doll, J.D. & Durgan, B.R., 1991. Mustard. [Internet] University of Wisconsin – Extension. Alternative Field Crops Manual. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/mustard.html>. Accessed February 2004.

Osoniyi, O. & Onajobi, F., 2003. Coagulant and anticoagulant activities in Jatropha curcas latex. Journal of Ethnopharmacology 89: 101–105.

Ouattara, N., 1999. Evolution du taux de germination de semences oléagineuses en fonction du mode et de la durée de conservation. Cas de Pentadesma butyracea Sabine (Lami). In: Ouedraogo, A.S. & Boffa, J.M. (Editors). Vers une approche régionale des ressources génétiques forestières en Afrique sub-saharienne. Actes du 1er atelier régional sur la conservation et l'utilisation durable des ressources génétiques forestières en Afrique de l'Ouest, Afrique Centrale et Madagascar, 16–27 mars 1998, IPGRI, Rome, Italy. pp. 170–174.
Oxford Forestry Institute, 1997–2004. Prospect: the wood database. Oxford Forestry Institute, Department of Plant Services, University of Oxford, Oxford, United Kingdom.
Oyen, L.P.A., 2001. Simmondsia chinensis (Link) C.K. Schneider. In: van der Vossen, H.A.M. & Umali, B.E. (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 14. Vegetable oils and fats. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 134–138.
Oyen, L.P.A. & Umali, B.E., 2001. Carthamus tinctorius L. In: van der Vossen, H.A.M. & Umali, B.E. (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 14. Vegetable oils and fats. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 70–76.
Palmer, E. & Pitman, N., 1972–1974. Trees of southern Africa, covering all known indigenous species in the Republic of South Africa, South-West Africa, Botswana, Lesotho and Swaziland. 3 volumes. Balkema, Cape Town, South Africa. 2235 pp.
Parameswaran, N. & Conrad, H., 1982. Wood and bark anatomy of Balanites aegyptiaca in relation to ecology and taxonomy. IAWA Bulletin 3: 75–88.
Patel, J.R., Parmar, M.T. & Patel, J.C., 1980. Effect of different sowing dates, spacings, and plant populations on yield of mustard. Indian Journal of Agronomy 25(3): 526–527.
Pathirana, R., 1995. Natural cross-pollination in sesame (Sesamum indicum L.). Sesame Safflower Newsletter 10: 111.
Pauwels, L., 1993. Nzayilu N'ti : guide des arbres et arbustes de la région de Kinshasa Brazzaville. Scripta Botanica Belgica 4. Jardin botanique national de Belgique, Meise, Belgium. 495 pp.
Payne, T.J., 2000. Promoting better health with flaxseed in bread. Cereal Foods World 45: 102–104.
Pearson, M.N. & Bock, K.R., 1976. Notes on East African plant virus diseases. 10. Turnip mosaic virus. East African Agricultural and Forestry Journal 41: 344–348.
Pedras, M.S.C., Loukaci, A. & Okanga, F.I., 1998. The cruciferous phytoalexins brassinin and cyclobrassinin are intermediates in the biosynthesis of brassilexin. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters 8: 3037–3038.
Pegnyemb, D.E., Messanga, B.B., Ghogomu, R., Sondengam, B.L., Martin, M.T. & Bodo, B., 1998. A new benzoylglucoside and a new penylated isoflavone from Lophira lanceolata. Journal of Natural Products 61: 801–803.
Pennington, T.D., 1991. The genera of Sapotaceae. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom and the New York Botanical Garden, New York, United States. 295 pp.
Pennington, T.D. & Styles, B.T., 1975. A generic monograph of the Meliaceae. Blumea 22: 419–540.
Perdue Jr., R.E., Carlson, K.D. & Gilbert, M.G., 1986. Vernonia galamensis, potential new crop source of epoxy acid. Economic Botany 40(1): 54–68.
Perera, L., Russell, J.R., Provan, J. & Powell, W., 2003. Studying genetic relationships among coconut varieties/populations using microsatellite markers. Euphytica 132: 121–128.
Pérez, M.R., de Blas, D.E., Nasi, R., Sayer, J.A., Sassen, M., Angoué, C., Gami, N., Ndoye, O., Ngono, G., Nguinguiri, J.C., Nzala, D., Toirambe, B. & Yalibanda, Y., 2005. Logging in the Congo Basin: a multi-country characterization of timber companies. Forest Ecology and Management 214: 221–236.
Perhaut, Y., 1976. Les oléagineux dans les pays d'Afrique Occidentale associés au Marché Commun. Volume 1. Editions Honoré Champion, Paris, France. pp. 99–109.
Perrier de la Bâthie, H., 1951. Guttifères (Guttiferae). Flore de Madagascar et des Comores (plantes vasculaires), familles 135–136. Firmin-Didot et cie., Paris, France. 96 pp.
Perrier de la Bâthie, H., 1952a. Adansonia de Madagascar. Clef et diagnoses. Notulae Systematicae (Paris) 14: 300–304.
Perrier de la Bâthie, H., 1952b. Sur les utilités de l'Adansonia grandidieri et les possibilitées de culture. Revue Internationale de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale 32: 286–288.
Perrier de la Bâthie, H., 1953. Les Adansonia de Madagascar et leur utilisation. 2ième note. Revue Internationale de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale 33: 241–244.

Perry, L.M., 1980. Medicinal plants of East and Southeast Asia: attributed properties and uses. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, United States and London, United Kingdom. 620 pp.

Persinos, G.J. & Guimby, M.W., 1968. Studies on Nigerian plants. V: Comparative anatomy of Lophira lanceolata and Lophira alata. Economic Botany 22: 207–220.

Peters, C.R., 1987. Ricinodendron rautanenii (Euphorbiaceae): Zambezian wild food plant for all seasons. Economic Botany 41: 494–502.

Phiri, I.M.G., 1985. Effects of nitrogen and hedge row systems on the yield and quality of tung nuts. Acta Horticulturae 158: 265–271.

Pioch, D. & Vaitilingom, G., 2005. Palm oil and derivatives: fuels or potential fuels. OCL - Oléagineux, Corps gras, Lipides 12: 161–169.

Piot, J., 1970. Pâturage aérien au Cameroun. Utilisation des ligneux par les bovins. Revue de l'Elevage et Médecine vétérinaire des Pays Tropicaux 23: 503–517.

Platt, B.S., 1962. Tables of representative values of foods commonly used in tropical countries. Special report series 302, Medical Research Council, London, United Kingdom. 46 pp.

Pope, G.V., 1997. Myristicaceae. In: Pope, G.V. (Editor). Flora Zambesiaca. Volume 9, part 2. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom. pp. 37–42.

Popelka, J.C., Terryn, N. & Higgins, T.J.V., 2004. Gene technology for grain legumes: can it contribute to the food challenge in developing countries? Plant Science 167: 195–206.

Poppleton, W.J., 1939. The oyster nut, Telfairia pedata (native names: kwemme, jiconga). East African Agricultural Journal 5: 114–120.

Poteet, M.D., 2006. Biodiesel crop implementation in Hawaii. [Internet] The State of Hawaii, Department of Agriculture. 89 pp. <http://www.hawaiiag.org/hdoa/pdf/biodiesel%20report%20(revised).pdf>. Accessed January 2007.

Pouliquen, F., 1959. Contribution à l'étude de l'huile d'Ongokéa. Oléagineux 14: 381–385, 453–459, 541–547.

Prakash, S. & Hinata, K., 1980. Taxonomy, cytogenetics and origin of crop Brassicas, a review. Opera Botanica 55. 57 pp.

Prance, G.T. & Sothers, C.A., 2003. Chrysobalanaceae 1: Chrysobalanus to Parinari. Species Plantarum: Flora of the World. Part 9. Australian Biological Resources Study, Canberra, Australia. 319 pp.

Pretorius, S.J., Joubert, P.H. & Evans, A.C., 1988. A re-evaluation of the molluscicidal properties of the torchwood tree, Balanites maughamii Sprague. South African Journal of Science 84: 201–202.

Prina, A., 2000. A taxonomic revision of Crambe, sect. Leptocrambe (Brassicaceae). Botanical Journal of the Linnean Society 133: 509–524.

Prozesky, E.A., Meyer, J.J.M. & Louw, A.I., 2001. In vitro antiplasmodial activity and cytotoxicity of ethnobotanically selected South African plants. Journal of Ethnopharmacology 76: 239–245.

Pryde, E.H. & Doty Jr, H.O., 1981. World fats and oils situation. In: Pryde, E.H., Princen, L.H. & Mukherjee, K.D. (Editors). New sources of fats and oils. AOCS Monograph 9. American Oil Chemists' Society. Champaign IL, United States. pp. 3–14.

Purcell, H.C., Abbott, T.P., Holster, R.A. & Phillips, B.S., 2000. Simmondsin and wax ester levels in 100 high-yielding jojoba clones. Industrial Crops and Products 12: 151–157.

Purseglove, J.W., 1968. Tropical Crops. Dicotyledons. Longman, London, United Kingdom. 719 pp.

Radcliffe-Smith, A., 1973. An account of the genus Cephalocroton Hochst. (Euphorbiaceae). Kew Bulletin 28(1): 123–132.

Radcliffe-Smith, A., 1987. Euphorbiaceae (part 1). In: Polhill, R.M. (Editor). Flora of Tropical East Africa. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands. 407 pp.

Radcliffe-Smith, A., 1996. Euphorbiaceae, subfamilies Phyllantoideae, Oldfieldioideae, Acalyphoideae, Crotonoideae and Euphorbioideae, tribe Hippomaneae. In: Pope, G.V. (Editor). Flora Zambesiaca. Volume 9, part 4. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom. pp. 1–337.

Radcliffe-Smith, A., 2001. Genera Euphorbiacearum. Royal Botanic Gardens, Kew, United Kingdom. 455 pp.

Radunz, A., He, P. & Schmid, G.H., 1998. Analysis of the seed lipids of Aleurites montana. Zeitschrift fuer Naturforschung 53: 305–310.

Ragavan, G.M., 1993. Sunflower in Africa. Istituto Agronomico per l'Oltramare, Florence, Italy. 110 pp.

Rajanaidu, N., Kushari, D., Raffii, M.Y., Mohd Din, A., Maizura, I., Isa, Z.A. & Jalani, B.S., 2000. Oil palm genetic resources and utilization: a review. In: Proceedings of the international symposium on oil palm genetic resources and utilization, held in Kuala Lumpur, 8–10 June 2000. Malaysian Palm Oil Board, Kajang, Selangor, Malaysia. pp. A1–A55.

Rajore, S., Sardana, J. & Batra, A., 2002. In vitro cloning of Jatropha curcas L. Journal of Plant Biology 29(2): 195–198.

Ralaimanarivo, A., Gaydou, E.M. & Bianchini, J.-P., 1982. Fatty acid composition of seed oils from six Adansonia species with particular reference to cyclopropane and cyclopropene acids. Lipids 17: 1–10.

Raponda-Walker, A. & Sillans, R., 1961. Les plantes utiles du Gabon. Paul Lechevalier, Paris, France. 614 pp.

Ratnadass, A., Hamada, M.A., Traoré, S., Cissé, S. & Sidibé, B., 2001. On-farm development and testing of IPM packages for control of sorghum head-bugs in Mali. Mededelingen van de Faculteit der Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Rijksuniversiteit Gent 66(2a): 315–324.

Razanameharizaka, J., Grouzis, M., Ravelomanana, D. & Danthu, P., 2006. Seed storage behaviour and seed germination in African and Malagasy baobabs (Adansonia species). Seed Science Research 16(1): 83–88.

Rehm, S. & Espig, G., 1991. The cultivated plants of the tropics and subtropics: cultivation, economic value, utilization. CTA, Ede, Netherlands. 552 pp.

Rethinam, P., 2004. World coconut industry: past, present and future. Indian Coconut Journal 35(3): 3–14.

Rey, H., 1912. Notice sur l'huile de baobab. Bulletin Economique Madagascar 12: 135–140.

Rheineck, A.E., 1937. A note on Po-yok oil. Paint, Oil and Chemical Review 99(9): 7–8.

Richter, H.G. & Dallwitz, M.J., 2000. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. [Internet]. Version 18th October 2002. <http://delta-intkey.com/wood/ index.htm>. Accessed May 2005 - March 2006.

Riley, K.W. & Belayne, H., 1989. Niger. In: Röbbelen, G., Downey, R.K. & Ashri, A. (Editors). Oil crops of the world, their breeding and utilization. McGraw-Hill, New York, United States. pp. 394–403.

Riungu, T.C., 1990. The status of linseed, safflower and niger research and production in Kenya. In: Omran, A. (Editor). Oil crops: Proceedings of the 3 meetings held in Pantnagar and Hyderabad, India, 4–17 January 1989. IDRC, Ottawa, Canada. pp. 238–240.

Robinson, H., 1999. Revisions in paleotropical Vernonieae (Asteraceae). Proceedings of the Biological Society of Washington 112: 220–246.

Robyns, W., 1958. Pandaceae. In: Robyns, W., Staner, P., Demaret, F., Germain, R., Gilbert, G., Hauman, L., Homès, M., Jurion, F., Lebrun, J., Vanden Abeele, M. & Boutique, R. (Editors). Flore du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Spermatophytes. Volume 7. Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo belge, Brussels, Belgium. pp. 1–4.

Rogers, C.E., 1992. Insect pests and strategies for their management in cultivated sunflower. Field Crops Research 30: 301–332.

Rouillard, G. & Guého, J., 1983. Histoire des plantes d'intérêt horticole, médicinale et économique à l'Ile Maurice. 8. Euphorbiacées. Revue Agricole et Sucrière de l'Ile de Maurice 62: 93–116.

Ruffo, C.K., Birnie, A. & Tengnäs, B., 2002. Edible wild plants of Tanzania. Technical Handbook No 27. Regional Land Management Unit/ SIDA, Nairobi, Kenya. 766 pp.

Saharan, G.S., Naresh Mehta & Sangwan, M.S., 2005. Diseases of oilseed crops. Indus Publishing Company, New Delhi, India. 643 pp.

Saka, J.D.K. & Msonthi, J.D., 1994. Nutritional value of edible fruits of indigenous wild trees in Malawi. Forest Ecology and Management 64: 245–248.

Salak, M., 2001. The vanishing thorn forests of Madagascar. Part I. Cactus and Succulent Journal (United States) 73(6): 278–286.

Sallenave, P., 1955. Propriétés physiques et mécaniques des bois tropicaux de l'Union française. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France. 129 pp.

Sallenave, P., 1971. Propriétés physiques et mécaniques des bois tropicaux. Deuxième supplément. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, France. 128 pp.

Samson, W.D., Vidrine, C.G. & Robbins, J.W.D., 1985. Chinese tallow seed oil as diesel fuel extender. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers (ASAE) 28(3): 1406–1409.

Sands, M.J.S., 2001. The Desert Date and its relatives: a revision of the genus Balanites. Kew Bulletin 56(1): 1–128.

Sands, M.J.S., 2003. Balanitaceae. In: Beentje, H.J. & Ghazanfar, S.A. (Editors). Flora of Tropical East Africa. A.A. Balkema, Lisse, Netherlands. 16 pp.

Sanginga, N., Dashiell, K., Okogun, J.A. & Thottappilly, G., 1997. Nitrogen fixation and N contribution by promiscuous nodulating soybeans in the southern Guinea savanna of Nigeria. Plant and Soil 195: 257–266.

Sanginga, P.C., Adesina, A.A., Manyong, V.M., Otite, O. & Dashiell, K., 1999. Social impact of soybean in Nigeria's southern Guinea savanna. International Institute for Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. 32 pp.

Sanginga, N., Dashiell, K.E., Diels, J., Vanlauwe, B., Lyasse, O., Carsky, R.J., Tarawali, S., Asafo-Adjei, B., Menkir, A., Schulz, S., Singh, B.B., Chikoye, D., Keatinge, D. & Ortiz, R., 2003. Sustainable resource management coupled to resilient germplasm to provide new intensive cereal-grain-legume-livestock systems in the dry savanna. Agriculture, Ecosystems and Environment 100(2–3): 305–314.

Sanginga, N., Thottappilly, G. & Dashiell, K., 2000. Effectiveness of rhizobia nodulating recent promiscuous soybean selections in the moist savanna of Nigeria. Soil Biology and Biochemistry 32: 127–133.

Sanon, M.D., Gamene, C.S., Sacande, M. & Neya, O., 2005. Desiccation and storage of Kigelia africana, Lophira lanceolata, Parinari curatellifolia and Zanthoxylum zanthoxyloides seeds from Burkina Faso. In: Sacandé, M., Joker, D., Dulloo, M.E. & Thomsen, K.A. (Editors). Comparative storage biology of tropical tree seeds. IPGRI, Rome, Italy. pp. 16–23.

Sanou, H., Kambou, S., Teklehaimanot, Z., Dembele, M., Yossi, H., Sina, S. & Djingdia, L., 2004. Vegetative propagation of Vitellaria paradoxa by grafting. Agroforestry Systems 60: 93–99.

Sanou, H., Picard, N., Lovett, P.N., Dembélé, M., Korbo, A., Diarisso, D. & Bouvet, J.-M., 2006. Phenotypic variation of agromorphological traits of the shea tree, Vitellaria paradoxa C.F. Gaertn., in Mali. Genetic Resources and Crop Evolution 53: 145–161.

Sanou, H., Lovett, P.N. & Bouvet, J.-M., 2005. Comparison of quantitative and molecular variation in agroforestry populations of the shea tree (Vitellaria paradoxa C.F. Gaertn.) in Mali. Molecular Ecology 14: 2601–2610.

Satabié, B., 1982. Le phénomène de vicariance chez deux espèces écophylétiques au Cameroun: Lophira alata Banks ex Gaertn. f. et Lophira lanceolata Van Tiegh. ex Keay (Ochnaceae). Université de Yaoundé, Cameroun. 154 pp.

Satish Lele, 2007. Development of the Jatropha cultivation and bio-fuel production system. [Internet] <http://www.svlele.com/jatropha_plant.htm>. Accessed January 2007.

Saunders, R.G. & Hall, G.S., 1968. Marine borer resistance of timbers. Research Report of the Timber Research and Development Association, High Wycombe, United Kingdom. 26 pp.

Savill, P.S. & Fox, J.E.D., 1967. Trees of Sierra Leone. Forest Department, Freetown, Sierra Leone. 316 pp.

Scheld, H.W. & Cowles, J.R., 1981. Woody biomass potential of the Chinese tallow tree. Economic Botany 35: 391–397.

Schippers, R.R., 2000. African indigenous vegetables. An overview of the cultivated species. Natural Resources Institute/ACP-EU Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation, Chatham, United Kingdom. 214 pp.

Schippers, R.R., 2002. African indigenous vegetables, an overview of the cultivated species 2002. Revised edition on CD-ROM. National Resources International Limited, Aylesford, United Kingdom.

Schneiter, A.A., Seiler, G.J., Miller, J.F., Charlet, L.D. & Bartels, J.M. (Editors), 1997. Sunflower technology and production. Agronomy Series 35. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, United States. 834 pp.

Schreckenberg, K., 1996. Forests, fields and markets: A study of indigenous tree products in the woody savannas of the Bassilia region, Benin. PhD thesis. School of Oriental and African Studies, University of London, United Kingdom. 326 pp.

Schuiling, M., Mpunami, A., Kaiza, D.A. & Harries, H.C., 1992. Lethal disease of coconut palm in Tanzania 3: low resistance of imported germplasm. Oléagineux 47: 693–697.
Schulman, L., Junikka, L., Mndolwa, A. & Rajabu, I., 1998. Trees of Amani Nature Reserve, NE Tanzania. Ministry of Natural Resources and Tourism, Dar es Salaam, Tanzania. 336 pp.
Seegeler, C.J.P., 1983. Oil plants in Ethiopia, their taxonomy and agricultural significance. Agricultural Research Reports 921. Pudoc, Wageningen, Netherlands. 368 pp.
Seegeler, C.J.P. & Oyen, L.P.A., 2001. Ricinus communis L. In: van der Vossen, H.A.M. & Umali, B.E. (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 14. Vegetable oils and fats. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 115–120.
Seiler, G.J. (Editor), 1992. Sunflower. Field Crops Research 30(3-4), Special Issue. 258 pp.
Semangun, H., 1988. Penyakit-penyakit tanaman perkebunan di Indonesia [Diseases of estate crops in Indonesia]. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia. p. 335.
Sengers, H.H.W.J.M. & Koster, A.C., 1998. Tungolie [Tung oil]. Landbouw Economisch Instituut (LEI/DLO), the Hague, Netherlands. 115 pp.
SEPASAL, 1999. Survey of Economic Plants for Arid and Semi-Arid Lands. [Internet] Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom. <http://www.rbgkew.org.uk/ceb/sepasal/internet/>. Accessed April 2005.
SEPASAL, 2003. Acanthosicyos naudinianus. [Internet] Survey of Economic Plants for Arid and Semi-Arid Lands (SEPASAL) database. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom. <http://www.rbgkew.org.uk/ceb/sepasal/acantho.htm>. Accessed 24 February 2003.
Shah, S., Sharma, A. & Gupta, M.N., 2004. Extraction of oil of Jatropha curcas L. seed kernels by enzyme assisted three phase partitioning. Industrial Crops and Products 20: 275–279.
Shanmugasundaram, S. & Sumarno, 1989. Glycine max (L.) Merr. In: van der Maesen, L.J.G. & Somaatmadja, S. (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 1. Pulses. Pudoc, Wageningen, Netherlands. pp. 43–47.
Shannon, D.A. & Kalala, M.M., 1994. Adoption of soybean in sub-Saharan Africa: a comparative analysis of production and utilization in Zaire and Nigeria. Agricultural Systems 46(4): 369–384.
Sharma, S., Rikhari, H.C. & Palni, L.M.S., 1996. Adaption of a potential plantation tree crop as an agroforestry species but for the wrong reason: a case study of the Chinese tallow tree from Central Himalaya. International Tree Crops Journal 9: 37–45.
Sherwood, J.L., Beute, M.K., Dickson, D.W., Elliott, J.V., Nelson, R.S., Opperman, C.H. & Shew, B.B., 1995. Biological and biotechnological control advances in Arachis diseases. In: Patte, H.E. & Stalker, H.T. (Editors). Advances in peanut science. American Peanut Research and Education Society, Stillwater, Oklahoma, United States. pp. 160–206.
Shiembo, P.N., Newton, A.C. & Leakey, R.R.B., 1996. Vegetative propagation of Irvingia gabonensis, a West African fruit tree. Forest Ecology and Management 87: 185–192.
Shiembo, P.N., Newton, A.C. & Leakey, R.R.B., 1997. Vegetative propagation of Ricinodendron heudelotii, a West African fruit tree. Journal of Tropical Forest Science 9(4): 514–525.
Shimelis, H.A., Labuschagne, M.T. & Hugo, A., 2006. Variation in oil content and fatty acid composition in selected lines of vernonia (Vernonia galamensis var. ethiopica). South African Journal of Plant and Soil 23(1): 62–63.
Shorter, R. & Patanothai, A., 1989. Arachis hypogaea L. In: van der Maesen, L.J.G. & Somaatmadja, S. (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 1. Pulses. Pudoc, Wageningen, Netherlands. pp. 35–39.
Shupet, T.F. & Catallo, W.J., 2006. Hydrothermal processing of Chinese tallow tree (Triadica sebifera syn. Sapium sebiferum) biomass. Wood and Fiber Science 38: 55–63.
Siemonsma, J.S., 1999. Aleurites moluccana (L.) Willd. In: de Guzman, C.C. & Siemonsma, J.S. (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 13. Spices. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 63–65.
Sim. T.R., 1909. Forest flora and forest resources of Portuguese East Africa: 25. Taylor & Henderson, Aberdeen, Scotland.
Simon, J.E., Wang, M.F., Gbewonyo, K., Rafi, M.M., Acquaye, D.F. & Asianowa, Y., 2005. Antioxidant and antiinflammatory activity of compounds and preparations from African nutmeg seeds. U.S. Patent Application 424769000. 23 pp.

Sinadouwirou, Th., 2000. Produit forestier non ligneux et développement durable : Structure des peuplements naturels et importance socio-économique du Pentadesma butyracea dans la région de Bassila au Bénin. Mémoire de Master, CRESA Forêt-Bois, Cameroun. 68 pp.

Sinclair, J.B., 1998. Diseases of soyabean. In: Allen, D.J. & Lenné, J.M. (Editors). The pathology of food and pasture legumes. CAB International, Wallingford, United Kingdom. pp. 125–178.

Singh, A.K., 1995. Groundnut. In: Smartt, J. & Simmonds, N.W. (Editors). Evolution of crop plants. 2nd Edition. Longman, London, United Kingdom. pp. 246–250.

Singh, A.K. & Nigam, S.N., 1997. Groundnut. In: Fuccillo, D., Sears, L. & Stapleton, P. (Editors). Biodiversity in trust: conservation and use of plant genetic resources in CGIAR Centres. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. pp. 114–127.

Singh, S.R., Rachie, K.O. & Dashiell, K.E. (Editors), 1987. Soybeans for the tropics: research, production and utilization. John Wiley & Sons, Chichester, United Kingdom. 230 pp.

Sinsin, B. & Sinadouwirou, Th., 2003. Valorisation socio-économique et pérennité du Pentadesma butyracea Sabine en galeries forestières au Bénin. Cahiers Agriculture 12(2): 75–79.

Skoric, D., 1992. Achievements and future directions of sunflower breeding. Field Crops Research 30: 231–270.

Smartt, J. (Editor), 1994. The groundnut crop: a scientific basis for improvement. Chapman and Hall, London, United Kingdom. 734 pp.

Somali, M.A., Bajneid, M.A. & Al-Fhaimani, S.S., 1984. Chemical composition and characteristics of Moringa peregrina seeds and seeds oil. Journal of the American Oil Chemists' Society 61: 85–86.

Song, S.-Q., Berjak, P. & Pammenter, N., 2004. Dessiccation sensitivity of Trichilia dregeana axes and antioxidant role of ascorbic acid. Acta Botanica Sinica 46(7): 803–810.

Songjang, K. & Wimolwattanasarn, P., 2004. Antibacterial acitivity from the latex of Jatropha curcas. Chiang Mai Journal of Science 31(3): 309–312.

Sonntag, G., 1918. A. Hébert: Zusammensetzung der fetten Samen von zwei Symphonia-Arten aus Ost-Madagaskar. (Bull. Soc. Chim. France 1913, [4] 13, 1039 bis 1042). Referate - Butter, Speisefette und Öle. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A 35: 209–210.

Sparnaaij, L.D., 1969. Oil palm (Elaeis guineensis Jacq.) In: Ferwerda, F.P. & Wit, F. (Editors). Outlines of perennial crop breeding in the tropics. Miscellaneous Papers Agricultural University Wageningen 4: 339–387.

Sparnaaij, L.D. & van der Vossen, H.A.M., 1980. Developments in oil palm breeding. A reappraisal of present and future breeding procedures in the light of results from the Nigerian Institute for Oil Palm Research breeding programme. Oil Palm News 24: 4–11.

Spirlet, M., 1959. Guttiferae Congoleanae novae. Bulletin du Jardin Botanique de l'Etat (Bruxelles) 29(4) : 311–358.

Sprague, T.A., 1913. Manduro: a new oil-yielding tree from Portuguese East Africa. Kew Bulletin 4: 131–141.

Spurling, A.T. & Spurling, D., 1974. Effect of various organic and inorganic fertilizers on the yield of Montana tung (Aleurites mintana) in Malawi. Tropical Agriculture 51: 8–11.

Stalker, H.T., 1997. Peanut (Arachis hypogaea L.). Field Crops Research 53: 205–217.

Steinman, H.A., 1996. 'Hidden' allergens in foods. The Journal of Allergy and Clinical Immunology 98(2): 241–250.

Stephens, J.M., 1994. Mustard collard - Brassica carinata L. [Internet] Fact Sheet HS–629, Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, University of Florida, Gainesvile FL, United States. <http://edis.ifas.ufl.edu/MV096>. Accessed March 2004.

Stephens, T.S., Saldana & Lime, B., 1975. Quality of tex-sal greens (Brassica carinata A. Br.) during maturation. Journal of the Rio Grande Valley Horticultural Society 29: 91–97.

Stern, W.R. & Beech, D.F., 1965. The growth of safflower (C. tinctorius L.) in a low level environment. Australian Journal of Agricultural Research 16(5): 801–816.

Storrs, A.E.G., 1995. Know your trees: Some common trees found in Zambia. Regional Conservation Unit, Ndola, Zambia. 380 pp.

Stuppy, W., van Welzen, P.C., Klinratana, P. & Posa, M.C.T., 1999. Revision of the genera Aleurites, Reutealis and Vernicia (Euphorbiaceae). Blumea 44: 73–98.

Styger, E., Rakotoarimanana, J.E.M., Rabevohitra, R. & Fernandes, E.C.M., 1999. Indigenous fruit trees of Madagascar: potential components of agroforestry systems to improve human nutrition and restore biological diversity. Agroforestry Systems 46: 289–310.

Styles, B.T. & Vosa, C.G., 1971. Chromosome numbers in the Meliaceae. Taxon 20(4): 485–500.
Styles, B.T. & White, F., 1991. Meliaceae. In: Polhill, R.M. (Editor). Flora of Tropical East Africa. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands. 68 pp.
Suja, K.P., Jayalekshmy, A. & Arumughan, C., 2004. Free radical scavenging behavior of antioxidant compounds of sesame (Sesamum indicum L.) in DPPH system. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52: 912–915.
Sujatha, M. & Prabakaran, A.J., 2003. New ornamental Jatropha hybrids through interspecific hybridization. Genetic Resources and Crop Evolution 50: 75–82.
Susiarti, S., Munawaroh, E. & Horsten, S.F.A.J., 1999. Jatropha L. In: de Padua, L.S., Bunyapraphatsara, N. & Lemmens, R.H.M.J. (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 12(1). Medicinal and poisonous plants 1. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 320–327.
Tabuna, H., 1999. The markets for Central African non-wood forest products in Europe. In: Sunderland, T.C.H., Clark, L.E. & Vantommme, P. (Editors). Non-wood forest products of Central Africa: Current research issues and prospects for conservation and development. FAO, Rome, Italy. pp. 251–263.
Takahashi, A., 1978. Compilation of data on the mechanical properties of foreign woods (part 3) Africa. Shimane University, Matsue, Japan. 248 pp.
Tane, R., 1997. Etude de la valeur nutritionnelle du djansang (Ricinodendron heudelotii). Faculté des Sciences Agronomiques et Biologiques Appliquées, Université de Gent, Belgique. 17 pp.
Tano-Debrah, K. & Ohta, Y., 1994. Enzyme-assisted aqueous extraction of fat from kernels of the shea tree, Butyrospermum parkii. Journal of the American Oil Chemists Society 71(9): 979–983.
Tano-Debrah, K., Yoshimura, Y. & Ohta, Y., 1996. Enzyme-assisted extraction of shea fat: evidence from light microscopy on the degradative effects of enzyme treatment on cells of shea kernel meal. Journal of the American Oil Chemists Society 73(4): 449–453.
Tapa Darma, I.G.K., 1993. Identifikasi jamur 'blue stain' yang menyerang berbagai jenis kayu [Identification of the blue-stain fungus attacking several timber species]. Technical Notes, Faculty of Forestry, Bogor Agricultural University 5(1): 27–32.
TARO, 1987. Recommendations for improved production of oilseeds in Tanzania. Tanzania Agricultural Research Organization, Dar es Salaam, Tanzania. pp. 19–33.
Taylor C.J., 1960. Synecology and sylviculture in Ghana. The University College of Ghana & Nelson, Edinburgh, United Kingdom. 418 pp.
Tchiegang, C., Kapseu, C., Ndjouenkeu, R. & Ngassoum, M.B., 1997. Amandes de Ricinodendron heudelotii (Baill.): Matière première potentielle pour les industries agro-alimentaires tropicales. Journal of Food Engineering 32: 1–10.
Tchiégang-Megueni, C., Mapongmetsem, P.M., Akagou Zedong, H.C. & Kapseu, C., 2001. An ethnobotanical study of indigenous fruit trees in northern Cameroon. Forests, Trees and Livelihoods 11: 149–158.
Tchoundjeu, Z. & Atangana, A.R., 2006. Fruits for the Future 7. Ndjanssang, Ricinodendron heudelotii. International Centre for Underutilised Crops, Colombo, Sri Lanka. 74 pp.
Tchoundjeu, Z., Atangana, A.R. & Degrande, A., 2005. Indigenous methods of preserving bush mango kernels in Cameroon. American Journal of Applied Sciences 2(9): 1337–1342.
Tefera, T. & Baye, T., 2003. Mycoflora associated with new industrial oilseed crop (Vernonia galamensis var. ethiopica) in Ethiopia. Tropical Science 43: 6–9.
Teklehaimanot, Z., 2004. Exploiting the potential of indigenous agroforestry trees: Parkia biglobosa and Vitellaria paradoxa in sub-Saharan Africa. Agroforestry Systems 61: 207–220.
Tella, A., 1979. Preliminary studies on nasal decongestant activity from the seed of the shea butter tree, Butyrospermum parkii. British Journal of Clinical Pharmacology 7(5): 495–497.
Teynor, T.M., Putnam, D.H., Oplinger, E.S., Oelke, E.A., Kelling, K.A. & Doll, J.D., 1992. Vernonia. Alternative Field Crops Manual. [Internet] University of Wisconsin – Extension, Madison, United States. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/vernonia.html>. Accessed January 2007.
Thompson, A.E., Dierig, D.A., Johnson, E.R., Dahlquist, G.H. & Kleiman, R., 1994. Germplasm development of Vernonia galamensis as a new industrial oilseed crop. Industrial Crops and Products 3: 185–200.
Thompson, A.E., Dierig, D.A. & Kleiman, R., 1994. Characterization of Vernonia galamensis germplasm for seed oil content, fatty acid composition, seed weight, and chromosome number. Industrial Crops and Products 2: 299–305.

Thonner, F., 1915. The flowering plants of Africa. An analytical key to the genera of African phanerogams. Dulan & Co., London, United Kingdom. 647 pp.

Thulin, M., 1989. Fabaceae (Leguminosae). In: Hedberg, I. & Edwards, S. (Editors). Flora of Ethiopia. Volume 3. Pittosporaceae to Araliaceae. The National Herbarium, Addis Ababa University, Addis Ababa, Ethiopia and Department of Systematic Botany, Uppsala University, Uppsala, Sweden. pp. 49–251.

Thulin, M., 1993. Moringaceae. In: Thulin, M. (Editor). Flora of Somalia. Volume 1. Pteridophyta; Gymnospermae; Angiospermae (Annonaceae-Fabaceae). Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom. pp. 60–62.

Tiki Manga, T., Fondoun, J.M., Kengue, J. & Tchiegang, C., 2000. Chemical composition of Ricinodendron heudelotii: an indigenous fruit tree in southern Cameroon. African Crop Science Journal 8(2): 195–201.

Tindall, H.D., 1983. Vegetables in the tropics. Macmillan Press, London, United Kingdom. 533 pp.

Tobares, L., Frati, M., Guzmán, C. & Maestri, D., 2004. Agronomical and chemical traits as descriptors for discrimination and selection of jojoba (Simmondsia chinensis) clones. Industrial Crops and Products 19(2): 107–111.

Tombesi, A., 1994. Olive fruit growth and metabolism. Acta Horticulturae 356: 225–232.

Tongoona, P., 1993. Castor (Ricinus communis L.) research and production prospects in Zimbabwe. Industrial Crops and Products 1: 235–239.

Toxopeus, H., 2001. Brassica L. (oilseed crops). In: van der Vossen, H.A.M. & Umali, B.E. (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 14. Vegetable oils and fats. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 65–70.

Trumbo, D.L., Rudelich, J.C. & Mote, B.E., 1999. Application of vernonia oil in coatings. In: Janick, J. (Editor). Perspectives on new crops and uses. ASHS Press, Alexandria VA, United States. pp. 267–271.

Tsai, J.H. & Harrison, N.A., 2003. Lethal yellowing of coconut and lethal decline of palms. In: Loebenstein, G. & Thottappily, G. (Editors). Virus and visus-like diseases of major crops in developing countries, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands. pp. 597–606.

Tsakis, J., 1998. Characterization of Moringa peregrina Saudi Arabia seed oil. Grasas y Aceites (Seville) 49(2): 170–176.

Tsige Genet & Ketema Belete, 2000. Phenotypic diversity in the Ethiopian noug germplasm. African Crop Science Journal 8: 137–143.

Tsunoda, K., 1990. The natural resistance of tropical woods against biodeterioration. Wood Research 77: 18–34.

Tuani, G.K., Cobbinah, J.R. & Agbodazé, P.K., 1994. Bioactivity of and phytochemical studies on extractives from some Ghanaian plants. Journal of Forestry (Accra, Ghana) 1: 44–48.

Turner, P.D., 1981. Oil palm diseases and disorders. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom. 280 pp.

Turrill, W.B., 1952. Oleaceae. In: Turrill, W.B. & Milne-Redhead, E. (Editors). Flora of Tropical East Africa. Crown Agents for Oversea Governments and Administrations, London, United Kingdom. 31 pp.

Udosen, E.O. & Ifon, E.T., 1990. Fatty acid and amino acid composition of African oil beans (Pentaclethra macrophylla). Food Chemistry 36: 155–160.

Umali, B.E. & Jansen, P.C.M., 2001. Triadica sebiferum (L.) Small. In: van der Vossen, H.A.M. & Umali, B.E. (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 14. Vegetable oils and fats. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 138–142.

Umali, B.E. & Yantasath, K., 2001. Guizotia abyssinica (L.f.) Cass. In: van der Vossen, H.A.M. & Umali, B.E. (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 14. Vegetable oils and fats. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 97–101.

Undersander, D.J., Oelke, E.A., Kaminski, A.R., Doll, J.D., Putnam, D.H., Combs, S.M. & Hanson, C.V., 1990. Jojoba. [Internet] Alternative field crops manual. University of Wisconsin, Center for Alternative Plant & Animal Products & University of Minnesota, Minnesota Extension Service, Madison WI, United States. 5 pp. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/jojoba.html>. Accessed January, 2006.

USDA, 2002. USDA nutrient database for standard reference, release 15. [Internet] U.S. Department of Agriculture, Beltsville Human Nutrition Research Center, Beltsville Md, United States. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>. Accessed June 2003.

USDA, 2004. USDA national nutrient database for standard reference, release 17. [Internet] U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory, Beltsville Md, United States. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>. Accessed May - July 2005.

USDA, 2005. USDA national nutrient database for standard reference, release 18. [Internet] U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory, Beltsville Md, United States. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>. Accessed August - December 2005.

Vabi, M.B. & Mala'a, D., 1995. Community knowledge and traditional uses of trees in some village communities of Cameroon and the Central African Republic. In: Duguma B. & Mallet B. (Editors). Proceedings of the Regional Symposium on Agroforestry Research and Development in the Humid Lowlands of West and Central Africa, held at Yaoundé, Cameroon, 4–7 December 1995. CIRAD, Montpellier, France. France. pp. 427–431.

Vaknin, Y., Mills, D. & Benzioni, A., 2003. Pollen production and pollen viability in male jojoba plants. Industrial Crops and Products 18: 117–123.

van der Vossen, H.A.M., 1974. Towards more efficient selection for oil yield in the oil palm (Elaeis guineensis Jacq.). Agricultural Research Reports 823. Pudoc Wageningen, Netherlands. 107 pp.

van der Vossen, H.A.M. & Soonthorn Duriyaprapan, 2001. Helianthus annuus L. In: van der Vossen, H.A.M. & Umali, B.E. (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 14. Vegetable oils and fats. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 101–107.

van Dijk, J.F.W., 1997. An assessment of non-wood forest product resources for the development of sustainable commercial extraction. In: Sunderland, T.C.H., Clark, L.E. & Vantomme, P. (Editors). Current research issues and prospects for conservation and development. FAO, Rome, Italy. pp. 37–49.

van Epenhuijsen, C.W., 1974. Growing native vegetables in Nigeria. FAO, Rome, Italy. 113 pp.

van Meer, P.P.C., 1965. Primitiae africanae VI. A revision of the genus Pentadesma Sab. (Guttiferae). Bulletin du Jardin Botanique de l'Etat (Bruxelles) 35(4): 411–433.

van Rompaey, R., 2003. Distribution and ecology of Allanblackia spp. (Clusiaceae) in African rain forests. [Internet] Report to Unilever Research Laboratories, Vlaardingen. <http://www.iucn.nl/nederlands/leden/partners/werkgroepen/bossen/documenten/061004%20Distibution%20and%20ecology%20of%20Allanblackia%20spp%20(Clusiaceae)%20in%20African%20rain%20forests.pdf>. Accessed November 2006.

van Wyk, B.E. & Gericke, N., 2000. People's plants: a guide to useful plants of southern Africa. Briza Publications, Pretoria, South Africa. 351 pp.

van Wyk, B.E., van Oudtshoorn, B. & Gericke, N., 1997. Medicinal plants of South Africa. Briza Publications, Pretoria, South Africa. 304 pp.

Vaughan, J.G., 1970. The structure and utilization of oil seeds. Chapman & Hall, London, United Kingdom. 279 pp.

Vaughan, J.G. & Geissler, C.A., 1997. The new Oxford book of food plants. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom. 239 pp.

Vear, F., 1992. Le tournesol. In: Gallais, A. & Bannerot, H. (Editors). Amélioration des espèces végétales cultivées. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, France. pp. 146–160.

Venter, F. & Venter, J.-A., 1996. Making the most of indigenous trees. Briza publications, Capetown, South Africa. 304 pp.

Venturini del Greco, G. & Rademakers, L., 2006. The jatropha energy system: an integrated approach to decentralized and sustainable energy production at the village level. [Internet] Ingegneria senza Frontiere, Gruppo Jatropha, Florence, Italy. 4 pp. <http://www.isf.lilik.it/files/jatropha/jes.pdf>. Accessed January 2007.

Verdcourt, B., 1965. A synopsis of the Moringaceae. Kew Bulletin 40: 1–23.

Verdcourt, B., 1997. Myristicaceae. In: Polhill, R.M. (Editor). Flora of Tropical East Africa. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands. 10 pp.

Verdcourt, B., 2000. Moringaceae. In: Edwards, S., Mesfin Tadesse, Demissew Sebsebe & Hedberg, I. (Editors). Flora of Ethiopia and Eritrea. Volume 2, part 1. Magnoliaceae to Flacourtiaceae. The National Herbarium, Addis Ababa University, Addis Ababa, Ethiopia and Department of Systematic Botany, Uppsala University, Uppsala, Sweden. pp. 155–162.

Verma, M., Shukla, Y.N., Ram, M., Jain, S.P. & Kumar, S., 1997. Chemistry and biology of the oil and dye crop Carthamus tinctorius: a review. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 19: 734–744.

Vieux, A.S. & Taratibu, T., 1968. L'huile de boléko, essai de fractionnement sélectif par extraction liquide-liquide. Oléagineux 23(5): 325–329.

Vilatersana, R., Susanna, A., García-Jacas, N. & Garnatje, T., 2000. Generic delimitation and phylogeny of the Carduncellus-Carthamus complex (Asteraceae) based on ITS sequences. Plant Systematics and Evolution 221: 89–105.

Vilatersana, R., Garnatje, T., Susanna, A. & García-Jacas, N., 2005. Taxonomic problems in Carthamus (Asteraceae): RAPD markers and sectional classification. Botanical Journal of the Linnaean Society 147: 375–383.

Villemur, P. & Dosba, F., 1997. Oléiculture: évolution variétale et acquisition de la maîtrise des practiques culturales. OCL Oléagineux, Corps Gras, Lipides 4(5): 351–355.

Villiers, J.-F., 1973a. Olacacées. Flore du Gabon. Volume 20. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France. pp. 101–162.

Villiers, J.-F., 1973b. Pandaceae. Flore du Gabon. Volume 22. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France. pp. 14–30.

Villiers, J.-F., 1989. Leguminosae - Mimosoideae. Flore du Gabon. Volume 31. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France. 185 pp.

Vivien, J. & Fauré, J.J., 1988a. Fruitiers sauvages du Cameroun. Fruits Paris 43(10): 585–601.

Vivien, J. & Fauré, J.J., 1988b. Fruitiers sauvages du Cameroun. Fruits Paris 43(11): 657–676.

von Mikusch, J.D., 1963. Einige Besonderheiten des Isanoöls. Farbe und Lack 69: 663–671.

von Mikusch, J.D., 1964. Die trocknenden Öle: das Isanoöl. Farbe und Lack 70: 17–28; 101–110.

Voorhoeve, A.G., 1965. Liberian high forest trees. A systematic botanical study of the 75 most important or frequent high forest trees, with reference to numerous related species. Pudoc, Wageningen, Netherlands. 416 pp.

Voorhoeve, A.G., 1979. Liberian high forest trees. A systematic botanical study of the 75 most important or frequent high forest trees, with reference to numerous related species. Agricultural Research Reports 652, 2nd Impression. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, Netherlands. 416 pp.

Vranceanu, A.V, Stoenescu, F.M. & Pirvu, N., 1988. Genetic progress in sunflower breeding in Romania. In: Proceedings 12th International Sunflower Conference, Novi Sad, Serbia and Montenegro, 25–29 July, 1988. International Sunflower Association, Paris, France. pp. 25–29.

Wang, Y.P. & Luo, P., 1998. Intergeneric hybridization between Brassica species and Crambe abyssinica. Euphytica 101: 1–7.

Wang, Y.P., Tang, J.S., Chu, C.Q. & Tian, J., 2000. A preliminary study on the introduction and cultivation of Crambe abyssinica in China, an oil plant for industrial uses. Industrial Crops and Products 12: 47–52.

Warrand, J., Michaud, P., Picton, L., Muller, G., Courtois, B., Ralainirina, R. & Courtois, J., 2005a. Flax (Linum usitatissimum) Seed Cake: A potential source of high molecular weight arabinoxylans? Journal of Agricultural and Food Chemistry 53: 1449–1452.

Warrand, J., Michaud, P., Picton, L., Muller, G., Courtois, B., Ralainirina, R. & Courtois, J., 2005b. Structural investigations of the neutral polysaccharide of Linum usitatissimum L. seeds mucilage. International Journal of Biological Macromolecules 35: 121–125.

Warwick, S.I. & Gugel, R.K., 2003. Genetic variation in the Crambe abyssinica – C. hispanica – C. glabrata complex. Genetic Resources and Crop Evolution 50(3): 291–305.

Watt, J.M. & Breyer-Brandwijk, M.G., 1962. The medicinal and poisonous plants of southern and eastern Africa. 2nd Edition. E. and S. Livingstone, London, United Kingdom. 1457 pp.

Webster, C.C., Wiehe, P.O. & Smee, C., 1950. The cultivation of the tung-oil tree (Aleurites montana) in Nyasaland (A practical guide for growers). The Government Printer, Zomba, Malawi. 48 pp.

Wehmeyer, A.S., 1976. Ricinodendron rautanenii Schinz, Addendum 1: The nutrient composition of manketti fruit. Southern African Plants, No 4463,000–0010. Government Printer, Pretoria, South Africa.

Wehmeyer, A.S., Lee, R.B. & Whiting, G., 1969. The nutrient composition and dietary importance of some vegetable foods eaten by the !Kung Bushman. South African Medical Journal 43: 1528–1532.

Weiss, E.A., 1971. Castor, sesame and safflower. Leonard Hill, London, Great Britain. 901 pp.

Weiss, E.A., 2000. Oilseed crops. 2nd Edition. Blackwell Science, London, United Kingdom. 364 pp.

Weiss, E.A. & de la Cruz, Q.D., 2001. Sesamum orientale L. In: van der Vossen, H.A.M. & Umali, B.E. (Editors). Plant Resources of South-East Asia No 14. Vegetable oils and fats. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 123–128.

Westphal, A. & Marguard, R., 1981. Yield and quality of Brassica spp. in Ethiopia. Plant Research and Development 13: 114–127.

White, L. & Abernethy, K., 1997. A guide to the vegetation of the Lopé Reserve. ECOFAC, Gabon. 224 pp.

White, F. & Styles, B.T., 1963. Meliaceae. In: Exell, A.W., Fernandes, A. & Wild, H. (Editors). Flora Zambesiaca. Volume 2, part 1. Crown Agents for Oversea Governments and Administrations, London, United Kingdom. pp. 285–319.

White, F., Styles, B.T. & Gonçalves, A.E., 1979. Meliaceae. In: Mendes, E.J. (Editor). Flora de Moçambique. No 42. Junta de Investigações Científicas do Ultramar, Lisbon, Portugal. 51 pp.

Wickens, G.E., 1982. The Baobab: Africa's upside-down tree. Kew Bulletin 37(2): 173–209.

Wild, H., Biegel, H.M. & Mavi, S., 1972. A Rhodesian botanical dictionary of African and English names. 2nd Edition. Government Printer, Salisbury, Rhodesia.

Wiley, R.G. & Oeltmann, T.N., 1991. Ricin and related plant toxins: mechanisms of action and neurobiological applications. In: Keeler, R.F. & Tu, A.T. (Editors). Handbook of natural toxins. Vol. 6. Toxicology of plant and fungal compounds. Marcel Dekker, New York, United States. pp. 243–268.

Wilks, C. & Issembé, Y., 2000. Les arbres de la Guinée Equatoriale: Guide pratique d'identification: région continentale. Projet CUREF, Bata, Guinée Equatoriale. 546 pp.

Wisniak, J., 1994. Potential uses of jojoba oil and meal - a review. Industrial Crops and Products 3: 43–68.

Wit, F., 1950. Chinese houtolie [Chinese wood oil]. In: van Hall, C.J.J. & van den Koppel, C. (Editors): De landbouw in de Indische Archipel [Agriculture in the Indonesian Archipelago]. Vol. 3. van Hoeve, the Hague, Netherlands. pp. 621–653.

Wood, B.J., 1968. Pests of oil palms in Malaysia and their control. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malaysia. 222 pp.

World Agroforestry Centre, undated. Agroforestree Database. [Internet] World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi, Kenya. <http://www.worldagroforestry.org/Sites/TreeDBS/aft.asp>. Accessed May 2005 - January 2007.

World Conservation Monitoring Centre, 1998. Adansonia grandidieri. [Internet] In: IUCN. 2006 Red list of threatened species. <http://www.iucnredlist.org>. Accessed August 2006.

Wynne, J.C. & Gregory, W.C., 1981. Peanut breeding. Advances in Agronomy 34: 39–72.

Wynne, J.C., Beute, M.K. & Nigam, S.N., 1991. Breeding for disease resistance in peanut. (Arachis hypogaea L). Annual Review of Phytopathology 29: 279–303.

Yau, K., 2005. Safflower agronomic characters, yield and economic revenue in comparison with other rain-fed crops in a high-elevation, semi-arid Mediterranean environment. Experimental Agriculture 40: 453–462.

Yokozawa, T., Kim, H.Y., Cho, E.J., Yamabi, N. & Choi, J.S., 2003. Protective effects of mustard leaf (Brassica juncea) against diabetic oxidative stress. Journal of Nutritional Science and Vitaminology 49(2): 87–93.

Yonkeu, S., Mapongmetsem, P.M. & Ngassoum, M.B., 1998. Distribution et caractérisation écologique d'une plante oléagineuse à usage alimentaire en Adamaoua (Cameroun) Lophira lanceolata Van Tiegh ex Keay. In: Kapseu, C. & Kayem, G.J. (Editors). Actes du 2ème Séminaire International sur la valorisation du safoutier et autres oléagineux non-conventionnels. Ngaoundéré, Cameroun. pp. 239–246.

Zang, H.L., Nagatsu, A., Watanabe, T., Sakakibara, J. & Okuyama, H., 1997. Antioxidative compounds isolated from safflower (Carthamus tinctorius L.) oil cake. Chemical and Pharmaceutical Bulletin 45(12): 1910–1914.

Zeven, A.C., 1964. The semi-wild oil palm and its industry in Africa. Agricultural Research Reports No 689, Pudoc, Wageningen, Netherlands. 178 pp.

Zewdie, K., 1996. Importance of yield limiting factors on sesame under irrigation. IAR Newsletter Agricultural Research (Ethiopia) 11(2): 6.

Zheng, H., Wu, Y., Ding, J., Binion, D., Fu, W. & Reardon, R., 2004–2005. Invasive plants established in the United States that are found in Asia and their associated natural enemies. 2 volumes. USDA Forest Service, Morgantown, WV, United States. 147 + 175 pp.

Zohary, M., 1966. Flora Palaestina. Part 1: Equisetaceae to Moringaceae. Plates. The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem, Israel. 495 plates.

Zohary, D., 1995. Olive (Olea europaea). In: Smartt, J. & Simmonds, N.W. (Editors). Evolution of crop plants. Longman Scientific & Technical, Harlow, United Kingdom. pp. 379–382.

Index des noms scientifiques des plantes

Les numéros de page en caractères gras renvoient au traitement principal ; ceux en italique renvoient aux dessins au trait. Les noms d'espèces cités dans la section sur "Oléagineux ayant un autre usage primaire" (p. 213) ne sont pas répétés ici.

Index des noms vernaculaires des plantes



PROTA

Plant Resources of Tropical Africa

Ressources végétales de l'Afrique tropicale

PROTA en bref

Le programme "Ressources végétales de l'Afrique tropicale" (PROTA) a été lancé en 2000 et est devenu un partenariat de 11 institutions dans 11 pays pendant la Phase préparatoire 2000–2003. Depuis le 19 février 2003, PROTA fonctionne en tant que fondation internationale, domiciliée à Wageningen, Pays-Bas.

PROTA est un important programme "de synthèse d'informations et de rapatriement des connaissances". Ce programme se propose d'introduire dans le domaine public (africain) la "littérature mondiale" sur les plantes utiles de l'Afrique tropicale, accessible uniquement à quelques privilégiés à l'heure actuelle, et de contribuer à une plus grande conscience des plantes et à leur usage durable, dans le respect des connaissances traditionnelles et des droits de propriété intellectuelle. PROTA décrira les quelque 7000 plantes utiles pendant la Phase opérationnelle 2003–2012. Les véhicules d'information seront des bases de données sur le web (www.prota.org) accessibles gratuitement, une série de livres et de CD-Rom à prix bas représentant 16 groupes d'usage, et des produits spéciaux par groupe d'usage pour les acteurs du développement rural, de l'éducation, de la recherche et de la politique (tous en anglais et en français).

PROTA 1 : Céréales et légumes secs (2006)
PROTA 2 : Légumes (2004)
PROTA 3 : Colorants et tanins (2005)
PROTA 4 : Plantes ornementales
PROTA 5 : Plantes fourragères
PROTA 6 : Fruits
PROTA 7 : Bois d'œuvre
PROTA 8 : Sucres et amidons
PROTA 9 : Plantes auxiliaires
PROTA 10 : Bois de feu
PROTA 11 : Plantes médicinales
PROTA 12 : Epices et condiments
PROTA 13 : Huiles essentielles et exsudats
PROTA 14 : Oléagineux (2007)
PROTA 15 : Plantes stimulantes
PROTA 16 : Plantes à fibres

PROTA, B.P. 341, 6700 AH Wageningen, Pays-Bas (www.prota.org)



partageons les connaissances au profit des communautés rurales

sharing knowledge, improving rural livelihoods

Le CTA en bref

Le Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) a été créé en 1983 dans le cadre de la Convention de Lomé entre les Etats du Groupe ACP (Afrique, Caraïbes, Pacifique) et les pays membres de l'Union européenne. Depuis 2000, le CTA exerce ses activités dans le cadre de l'Accord de Cotonou ACP-CE.

Le CTA a pour mission de développer et de fournir des services qui améliorent l'accès des pays ACP à l'information pour le développement agricole et rural, et de renforcer les capacités de ces pays à produire, acquérir, échanger et exploiter l'information dans ce domaine. Les programmes du CTA sont conçus pour : fournir un large éventail de produits et services d'information et mieux faire connaître les sources d'information pertinentes ; encourager l'utilisation combinée de canaux de communication adéquats et intensifier les contacts et les échanges d'information, entre les acteurs ACP en particulier ; renforcer la capacité ACP à produire et à gérer l'information agricole et à mettre en œuvre des stratégies de GIC, notamment en rapport avec la science et la technologie. Le travail du CTA tient compte de l'évolution des méthodologies et des questions transversales telles que le genre et le capital social.

Le CTA est financé par l'Union Européenne.

CTA, B.P. 380, 6700 AJ Wageningen, Pays-Bas (www.cta.int)







AFRIQUE DE L'OUEST

1. Cap-Vert
2. Mauritanie
3. Sénégal
4. Gambie
5. Guinée-Bissau
6. Guinée
7. Sierra Leone
8. Liberia
9. Côte d'Ivoire
10. Mali
11. Burkina Faso
12. Ghana
13. Togo
14. Bénin
15. Niger
16. Nigeria

AFRIQUE CENTRALE

17. São Tomé-et-Principe
18. Cameroun
19. Tchad
20. Centrafrique
21. Guinée équatoriale
22. Gabon
23. Congo
24. République démocratique du Congo
25. Rwanda
26. Burundi

AFRIQUE DE L'EST

27. Soudan
28. Erythrée
29. Ethiopie
30. Djibouti
31. Somalie
32. Kenya
33. Ouganda
34. Tanzanie

AFRIQUE AUSTRALE

35. Malawi
36. Zambie
37. Angola
38. Namibie
39. Botswana
40. Zimbabwe
41. Mozambique

ILES DE L'OCEAN INDIEN

42. Comores
43. Mayotte (Fr)
44. Madagascar
45. Seychelles
46. Réunion (Fr)
47. Maurice

PROTA (Ressources végétales de l'Afrique tropicale) est un programme international portant sur quelque 7000 plantes utiles de l'Afrique tropicale. Son objectif est de rendre la masse des données dispersées sur ces ressources végétales disponible pour l'enseignement, la vulgarisation, la recherche et l'économie au travers de bases de données sur Internet, de livres, de CD-Roms et de produits dérivés tels que brochures, prospectus et manuels. Disposer d'une connaissance approfondie des ressources végétales est essentiel pour parvenir à des systèmes d'utilisation de la terre écologiquement équilibrés. Une équipe internationale de nombreux experts contribue à la rédaction des textes sur les espèces. Toutes les espèces sont décrites selon un modèle normalisé qui détaille les aspects suivants : usages, commerce, propriétés, botanique, écologie, agronomie ou sylviculture, ressources génétiques, sélection, perspectives et bibliographie. Dans la série imprimée, les espèces seront classées par groupes d'usage. Pour plus d'information : www.prota.org. Pour rechercher "Protabase" : database.prota.org/search.htm.

Oléagineux

PROTA 14 porte sur les oléagineux de l'Afrique tropicale. La base de données PROTA "SPECIESLIST" répertorie 249 espèces utilisées comme oléagineux, mais seulement 65 sont des plantes oléagineuses dont c'est l'usage primaire, et seules ces espèces ont été retenues pour ce livre. Les autres 184 espèces ont été listées comme "Oléagineux ayant un autre usage primaire" et ont été renvoyées à d'autres volumes de l'encyclopédie.
Les 65 espèces dont l'usage primaire est comme "oléagineux" sont décrites au sein de 48 articles de synthèse, ce qui implique que 17 espèces ne font pas l'objet d'un article séparé par manque de données ; elles sont seulement mentionnées dans les articles sur les espèces apparentées.

ISBN 90-5782-195-0 (livre seul)
ISBN 90-5782-196-7 (livre + CD-Rom)



PROTA, Wageningen, Pays-Bas



Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas



CTA, Wageningen, Pays-Bas